

# PUOLUSTUSTUTKIMUKSEN VUOSIKIRJA 2018

**PÄÄTOIMITTAJA** Olli Klemola

**TOIMITTAJA** Merja Nousiainen



PUOLUSTUSVOIMAT  
RIIHIMÄKI 2018

**TOIMITUSKUNTA:**

Olli Klemola  
Pertti Holma  
Pekka Halonen  
Juhani Hämäläinen  
Tarmo Humppi  
Timo Kaurila  
Kirsi Valkeapää  
Merja Nousiainen  
Sirpa Korpela  
Kristiina Nevanpää

**TAITTO, KANSI JA KUVANKÄSITTELY:**

Niko Savola

**KANNEN KUVAT:**

Henrik Aikio  
Hanna Haukipää  
Jouna Heikkinen  
Matti Kaltokari  
Sirpa Korpela  
Onni Pernu  
Niko Savola  
Petri Wallgrén  
Sotamuseo / Niuttanen

ISBN 978-951-25-2996-4 (painettu)  
ISBN 978-951-25-2997-1 (verkkójulkaisu)  
ISSN 2489-7329 (painettu)

Puolustusvoimat

Juvenes Print  
Tampere 2018

# Sisällys

Puolustustutkimus viitoittaa tietä tulevaisuuteen	5
Puolustustutkimus haasteen edessä	6
Hyvä lukija!	7

## **Puolustusvoimien tutkimuslaitos**

Kansainvälistä yhteistyötä kansallisen doktriinin kehittämiseksi – Yhteistyökokemuksia Ison-Britannian DCDC:stä	10
Miten sotataitoa tutkitaan käytännön tasolla?	12
Tulevaisuuden toimitusketju 2035 – heijastevaikutukset Puolustusvoimien logistiikkajärjestelmään	14
Sodanaikaiset upotetut räjähteet	19
Radioaktiivisten aineiden lentotiedustelu	22
Räjähteiden ympäristövaikutustutkimuksia Alaskassa	26
Räjähteiden elinjakson aikaisen suorituskyvyn todentaminen kokeellisesti	28
Tietotekniikkatutkimus osana maapuolustuksen tietojärjestelmien kehittämistä	31
RuNet 2020	34
Miehittämättömien ilma-alusten hyödyntäminen tutkimustoiminnassa	36
Simulointi ja mallinnus elektro-optisen omasuojatutkimuksen tukena	38
Lasertutkimus Puolustusvoimien tutkimuslaitoksessa	40
Sotilaslentäjien psykologinen soveltuvuudenarviointi	43
Yksilön merkitys tietoturvalisessa organisaatiossa	48
Maavoimien sotilaan toimintakykyvaatimukset	50
Sotilaan toimintakyvyn laajentaminen	53

## **Sotilaslääketieteen keskus**

Biologisten uhkien osaamiskeskus – Puolustusvoimien ja Terveystieteiden ja hyvinvoinnin laitoksen yhteisorganisaatio	58
-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----

## **Maavoimien tutkimuskeskus**

Tulevaisuuden panssarintorjunta – uhka vai mahdollisuus?	62
UAV-uhka 2030-luvulla	64

## **Satakunnan lennosto, Ilmataistelukeskus**

Lentokaluston taktisen käytön kehittäminen 2 -tutkimushanke	68
-------------------------------------------------------------	----

## **Merisotakoulu, Tutkimuskeskus**

Sukellusveneen akustisten etsintämenetelmien optimointi Itämeren olosuhteisiin	72
--------------------------------------------------------------------------------	----

## **Maanpuolustuskorkeakoulu**

Maanpuolustuskorkeakoulun tutkimus laajentaa käsitystä maanpuolustustahdosta	78
Sotilasjohtajien kokemuksia heidän saamastaan kriisinhallintakoulutuksesta	80
IECEU-tutkimushanke ja EUFOR RCA – EU:n kriisinhallintakyvykkyyden tarkastelua Keski-Afrikan tasavallassa	82
Hattu – päähän! Minustako sotatieteiden tohtori?	86
Johtamisen, rakenteiden ja teknologian tutkimushanke	89

# Puolustustutkimus viitoittaa tietä tulevaisuuteen

Aikakauttamme leimaa muutos. Teknologisen kehityksen mukana sodankäynnin välineet muuttuvat. Uudenlaiset välineet edellyttävät yhtäältä uutta taistelutekniikkaa ja toisaalta mahdollistavat uudenlaisia tapoja taistella. Yhteiskunnallisen kehityksen mukana jopa sodan käsite on muutoksessa. Jo nyt puhutaan uuden sukupolven sodasta ja hybridisodankäynnistä, jossa operoidaan tunnuksettomin joukoin ja samalla kiistetään osallistuminen. Uudentyyppiselle toiminnalle on myös leimaavaa kansalaisyhteiskuntaan ja päätäjiin kohdistuva informaatiovaikuttaminen, jolla voidaan pyrkiä vaikuttamaan esimerkiksi vaaleihin, sekä tietoverkko-operaatiot, joilla häiritään normaalia toimintaa tai pyritään löytämään ja julkaisemaan kohteen ikävään asemaan saattavaa tietoa.

Meille käy huonosti, jos varaudumme vääränlaiseen sotaan, emme tee oikeita suorituskykyvalintoja, emme osaa rakentaa suorituskykykonsepteja oikein, hankkia tarkoituksenmukaisia ja sodan olosuhteissa toimivaa materiaalia ja jos emme kykene valitsemaan ja kouluttamaan henkilöstöä oikein. Menestyminen kaikissa näissä kokonaisuuksissa vaatii tietoa päätöksenteon tueksi.

Tiedosta tulee menestyksen avain. On entistä tärkeämpää hahmottaa, mitä tietoa tulevaisuudessa tarvitaan. Se, jolla on tieto, hallitsee. Tarvitsemme monenlaista tietoa. Meidän tulee ymmärtää, miten globaali kehitys vaikuttaa Suomeen ja lähialueellemme. Itämeren alueen merkitys korostuu edelleen. Itämerellä kulkee kansallinen elämänlanka muun muassa kauppamerenkulun muodossa. Arktisen alueen merkitys lisääntyy, kun ilmastonmuutos avaa uusia toimintamahdollisuuksia ja raaka-ainevaroista käytävä kilpailu kiristyy. Naton ja EU:n kehitys sekä naapurimaidemme turvallisuuspoliittinen kehitys vaikuttavat meihin. Globaalien ja alueellisten kehityksen tutkimuksella muodostetaan ymmärrystä siitä, mitkä ovat eri toimijoiden motiivit, tavoitteet, voimavarat ja heikkoudet. Nämä ovat vain muutamia esimerkkejä niistä muuttujista, joita on tutkittava ja joita on ymmärrettävä.

Suomen kokoisella voimavaroiltaan pienellä maalla ei ole varaa strategiaan virheinvestointeihin. Tutkimuksen – siis viime kädessä tutkijoiden – tuottama tieto on tärkeässä roolissa, kun tehdään suorituskykykonsepteihin liittyviä päätöksiä. Laivue 2020 -hankkeen päätösten taustalla on kattava tulevaisuuden merisodan kuvan tutkimus sekä lukuisia alusjärjestelmiin liittyviä tutkimuksia. Korvattaessa HN-kalusto halutaan tietää, mikä on häiveteknologian merkitys tulevaisuuden ilmasodankäynnissä. Vaikka jokaisella kadunmiehellä tuntuu tästä olevan varma mielipide, vain systemaattinen ja riittä-

vän moniulotteinen tutkimus tuottaa luotettavan käsityksen päätöksentekijöille. Myös tulevaisuuden ilmavalvonnan kokonaiskonseptin suunnittelun onnistuminen on pitkälti riippuvainen siitä, että tutkimuksella kyetään tuottamaan tietoa ja osaamista yhtäältä uusista sensoriteknologioista ja toisaalta ilmauhkan kehittämisestä.

Tarkoituksenmukainen suorituskykykonsepti ja oikea hankintapäätös eivät yksistään riitä takaamaan onnistunutta lopputulosta. Myös hankinnan on onnistuttava. Siinäkin tarvitaan usein tutkijoiden asiantuntemusta vaatimusten määrittelystä tuotteiden testaamiseen ja evaluointiin sodan ajan olosuhteita silmällä pitäen. Tutkimuksella on tärkeä rooli tiedon tuottamisessa päätöksentekijöille ja suunnittelijoille strategisesta suunnittelusta kehittämisohjelmiin, hankkeisiin ja hankintoihin.

Kiitän kaikkia tutkimuksiimme osallistuneita tärkeistä työstä maanpuolustuksemme hyväksi. Toivotan tutkijoille edelleen jatkuvaa menestystä ja sitkeyttä. Tuottamianne tuloksia odotetaan mielenkiinnolla, ja niillä on suuri merkitys puolustuskykymme kehittämisessä. Toivon, että tämä puolustustutkimuksen vuosikirja osaltaan vahvistaa lukijoiden uskoa Puolustusvoimissa tehtävään korkeatasoiseen tutkimukseen.



#### Kirjoittaja:

Prikaatikenraali Vesa Virtanen toimii Puolustusvoimien suunnittelupäällikkönä.

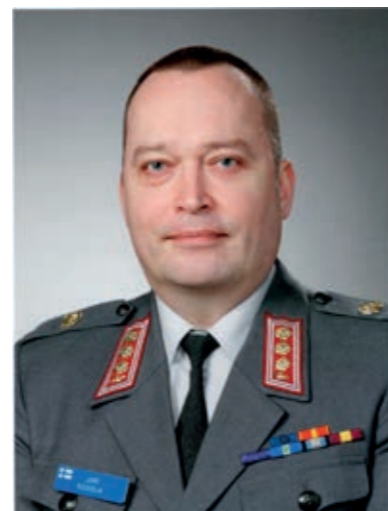
# Puolustustutkimus haasteen edessä

Puhki toistetun sanonnan mukaan kehitys kehittyy kiihtyvää vauhtia. Koska maailma ei kehity lineaarisesti, emme voi asioita taaksepäin tarkastelemalla päätellä, miten ne ovat tulevaisuudessa. Ekspontiaalisen kehityksen vuoksi ero ekstrapoloitavissa olevan ja mahdollisen kehityksen välillä kasvaa. Suomeksi tämä tarkoittaa sitä, että tulevaisuus on yhä epävarmempaa. Asiat voivat kehittyä aiempaa käsitystä nopeammin ja yllättävästi. Sodan ja taistelun kuvat voivat muuttua nopeastikin, sillä sodan perusluonteeseen kuuluu yllätykseen pyrkiminen. On tärkeää, että Puolustusvoimien tutkimus vähentää tulevaisuuteen liittyvää epävarmuutta selvittämällä ja tutkimalla asioita.

Sensoriteknologioiden kehittymisen myötä taistelutilan läpinäkyvyys kasvaa. Tämä muodostaa sekä mahdollisuuden omalle tilanaymmärrykselle, johtamiselle ja tulenkäytölle että uhkan, koska piiloon ei enää pääse samalla lailla kuin aiemmin. Taistelutilan läpinäkyvyys ja täsmävaikutuskyvyn kehittyminen johtavat tarpeeseen kehittää sekä toimintatapoja että teknisiä ratkaisuja joukkojen suojaamiseksi. Maalla, vedessä, ilmassa ja tietoverkoissa toimivat autonomiset järjestelmät yleistyvät 2020-luvulla ja vaikuttavat jokaiseen suorituskyvyalueeseen. Ihmisen poistaminen järjestelmästä tai pikemminkin siirtäminen lavetin ulkopuolelle mahdollistaa täysin uudenlaisia nopeuden, ulottuvuuden, keston ja taktiikan. Keinoälyn ja autonomian käyttöönotto edellyttää myös ihmisen ja ihmisjoukon toiminnan parempaa ymmärtämistä. Uudeksi toiminta-alueeksi on muodostumassa avaruus, kun tekniikan pienentymisen vuoksi satelliittien laukaisukustannukset pienenevät ja teknisen kehityksen ansiosta hyötykuormien hinnat laskevat. Suunnatun energian aseiden uskotaan tulevan laajaan käyttöön 2020-luvulla. Toisaalta mikään nykyinen sodankäynnin osatekijä ei ole poistumassa taistelukentältä. Puolustustutkimusyhteisön pitäisi siis kaikkien entisten aihealueiden lisäksi hallita myös nämä nousevat trendit.

Suomen resursseilla kyetään kehittämään uusia valmiuksia, varsinkin teknologiaan liittyviä, vain rajallisesti, joten usein meidän on tyydyttävä seuraamaan muualla tapahtuvaa kehitystä. On selvittettävä, mitä on tekeillä, milloin asiat realisoituvat ja miten se voi vaikuttaa meihin uhkana ja mahdollisuutena. Aina tällaiset selvitykset eivät riitä. On asioita, jotka on tutkittava itse, koska niitä ei muualta saa tai jotta pääsee mukaan yhteistyöhön muiden kanssa. Kansainväliseen tutkimusyhteistyöhön ei oteta vapaamatkustajia. Mukaan pääsee vain sellainen, jolla on muulle ryhmälle annettavaa. Sitä syntyy vain omalla tutkimus- ja kehittämistyöllä.

Puolustustutkimus on haasteen edessä, kun yhtäältä tarpeet ja odotukset tutkimustoiminnan tuottamille tiedoille ja valmiuksille kasvavat, mutta toisaalta tutkimuksen resurssit on viimeisen kymmenen vuoden aikana leikattu. Puolustusvoimauudistuksen henkilöstösopistuksen lisäksi ulkoa tilattavan tutkimuksen rahoituksen merkittävien leikkausten vuoksi on erityisen vaikea kehittää uusia tutkimusvalmiuksia ja teknologisia suorituskykyratkaisuja. Ilman luotettavaa tietopohjaa riskit suorituskykyjen kehittämiseen ja ylläpitoon liittyvien päätösten oikeellisuudesta kasvavat. Samalla kyky hallita suorituskyvyn rakentamiseen ja käyttöön liittyviä riskejä heikkenee. Jonkinlaista valoa tunnelin päästä on kuitenkin havaittavissa, sillä puolustusministeriön Puolustusvoimille antaman tulostavoitteen mukaisesti tutkimus- ja kehittämistoiminnan rahoitusta tulee kasvattaa asteittain 2 %:n osuuteen kokonaispuolustusmenoista. Toteutuessaan tämä parantaisi Puolustusvoimien kykyä valmistautua tulevaisuuteen.



#### Kirjoittaja:

Insinöörieversti Jyri Kosola toimii Puolustusvoimien tutkimuspäällikkönä.

# Hyvä lukija!

**Onnitellut hyvästä valinnasta** – käsissäsi on ensimmäinen Puolustustutkimuksen vuosikirja. Kun Puolustusvoimien tutkimustoiminta aloitettiin uudelleen organisoituna ja uusilla toimintamalleilla puolustusvoimauudistuksen viitoittamalla tiellä vuonna 2014, päätettiin samana vuonna aloittaa Puolustusvoimien tutkimuslaitoksen vuosikirjan tekeminen. Tavoitteeksi asetettiin yhtäältä laitoksen tutkimustoiminnan esittely helposti ymmärrettävässä muodossa mutta toisaalta haluttiin tuottaa laadukas tuote, joka sopisi ulkoasunsa puolesta esimerkiksi omistajansa olohuoneen kirjahyllyyn. Vuosina 2015–2017 tuotettiin kaikkiaan kolme vuosikirjaa, jotka on ainakin allekirjoittaneen subjektiivisen näkemyksen mukaan otettu vastaan kiitettävällä tavalla.

Pääesikunnan ohjeistuksen mukaan vuodesta 2018 alkaen vuosikirja on ulotettava kattamaan koko Puolustusvoimien tutkimuskenttä. Päätös on otettu vastaan ilolla, sillä nyt kykenemme vihdoin tarjoamaan kattavan ja monitieteellisen läpileikkauksen Puolustusvoimissa tutkimusta tekevien tahojen toiminnasta. Samalla toki voidaan toivoa, että yhteisenä ponnistuksena tuotettu kirja lähentäisi eri organisaatioissa tutkimuksen parissa työskenteleviä henkilöitä toisiinsa ja että kynnys yhteydenpitoon organisaatioiden välillä madaltuisi entisestään. Toisena toivomuksena sallittakoon myös

tutkimustoiminnan arvostuksen ja painoarvon lisääminen yhteisen kirjamme avulla: laadukkaan sisällön ja silmää miellyttävän painojäljen myötä lienee myös helpompaa mieltää tutkimustoiminnan merkitys tulevaisuuden suorituskykyjen pohjana. Vaikka osa työstämme palveleekin oikeutetusti nyky- ja lähiajan tarpeita (esim. hanketuki), niin suuri osa toiminnastamme luo evidenssipohjaista tietopohjaa tulevaisuutta koskeville strategisille päätöksille. Julkisen vallan käyttäjinä sekä virkamiehillä että poliitikoilla on velvollisuus perustella merkittävät kansallisen tason valintansa veronmaksajille – uskoakseni tutkimustuloksiin perustuvaa päätöksentekoa osataan arvostaa myös ns. kansan syvissä riveissä.

Käsillä oleva kirja tarjoaa tuhdin lukukokemuksen Puolustusvoimien tutkimustoiminnasta. Artikkeleissa liikutaan sensoreiden mielenkiintoisesta maailmasta miehittämättömien ilma-alusten kautta aina sotilassosiologiaan kysymyksiin ja johtamista käsitteleviin artikkeleihin. Kirjoitukset on laadittu tarkoituksella yleistajuisiksi, jotta teoksesta saataisiin samalla kertaa mukaansatempaavan mielenkiintoinen ja toisaalta myös ajatuksia herättävä.

**Hyvä lukija: toivotan sinulle antoisaa tutkimusmatkaa kirjamme sivuille!**



#### Kirjoittaja:

Päätöittäjä, insinöörieversti Olli Klemola toimii Puolustusvoimien tutkimuslaitoksen tutkimusjohtajana.



**Puolustusvoimien tutkimuslaitos**

# Kansainvälistä yhteistyötä kansallisen doktriinin kehittämiseksi

## Yhteistyökokemuksia Ison-Britannian DCDC:stä

### Mikä on DCDC?

Ison-Britannian Development, Concepts and Doctrine Centre (UK DCDC) on puolustusministeriön alainen kehittämisskeskus. Ison-Britannian asevoimien ylin johto on, toisin kuin Suomessa, sijoitettu puolustusministeriöön. Keskus kuuluu hallinnollisesti UK Joint Forces Commandiin, jossa Director General / Joint Force Development antaa käytännön tehtävät keskukselle. Keskuksen johtajana on toiminut kenraalimajuri *'Mitch' Mitchell* 16.4.2016 lähtien.

DCDC perustettiin vuonna 1998 Etelä-Englantiin Shrivenhamiin tukemaan strategista suunnittelua ja kehittämään yhteistä joint-kulttuuria. Keskus tukee työllään strategiatöitä, kehittämisshjelmaa, joint-käyttöperiaatteita ja joint-kasvatusta. Keskus on laajasti verkottunut ja tekee kansainvälistä yhteistyötä. Keskuksen vahvuus on 65 henkilöä (37 sotilasta, loput siviiliasiantuntijoita).

Vuodesta 2013 alkaen DCDC:llä on ollut virallinen asema myös Ruotsin asevoimien Concepts and Doctrine Centrenä. Ruotsin ajatuksenahan oli siirtää painopiste kansainvälisiin operaatioihin, ja DCDC:hen keskittymällä niihin haettiin kansainvälisesti yhteensopivaa doktriiniperustaa. Viime vuosina Ruotsissa on kuitenkin jouduttu toteamaan, että tämä ratkaisu ei vastaa kotimaan puolustamisen kaikkia tarpeita. Keskuksessa toimii tällä hetkellä eversti *Joachim Isacsonin* johdolla yhteensä neljä ruotsalaista upseeria.

### Keskus jakautuu päätuotteidensa mukaisesti kolmeen pääsektoriin: Futures, Concepts ja Doctrine.

- ▶ Futures toimii laajasti verkottuneena ja vastaa hallinnon alan pitkän aikavälin ennakoinnista. Sen päätuotteita ovat *Global Strategic Trends* (GST, näkymä 30 vuotta) ja *Future Operating Environment* (FOE, näkymä 20 vuotta). DCDC on yksi keskeisimmistä toimijoista Naton strategisessa ennakoinnissa.



DCDC sijaitsee Etelä-Englannissa Shrivenhamin varuskunnassa. (Kuva: Mikko Lappalainen)

- ▶ Concepts laatii parhaillaan 2020-luvulle tähtäviä Defence Strategic- ja Joint Operating tason konsepteja. Vuonna 2017 se laati esimerkiksi Space-, Littoral- ja C2-konsepteja sekä johti puolustushaarakonseptien (keystone-taso) laadinnan.
- ▶ Doctrine kehittää joint-tason doktriinia syvässä yhteistyössä Naton kanssa. Työn alla on mm. Joint Doctrine Publication 06 ”Modern Deterrence”.
- ▶ Lisäksi keskuksessa on Defence Analysis and Research -sektori (DAR), joka tukee keskitetysti kaikkia edellä mainittuja tuotantosektoreita.

Keskus tukee myös strategisen ajattelun kehittämistä ajankohtaisilla raporteilla ja järjestämällä ylempään johdon strategiafoorumeita sekä poikkihallinnollisia tapahtumia.

### Yhteistä työtä

DCDC oli yksi Puolustusvoimien tutkimuslaitoksen doktriiniosaston esikuvista sitä perustettaessa vuonna 2014. Rakente ja tehtävät ovat hyvin samankaltaisia, mutta DCDC toimii itsenäisemmin; sillä on selkeämpi kokonaisvastuu ja omistajuus tuotteisiinsa, ja sen henkilöstö on asteen kokeempaa. Yhteistyömahdollisuudet ovat kuitenkin laajoja, ja käynnistimme yhteistyön vuonna 2017.

Strategisessa ennakoinnissa Global Strategic Trends -yhteistyö tuottaa ymmärrystä pitkän tähtäimen muutostrendeistä. Ne ovat globaaleja, joten niitä on turha tutkia yksin kotikarsinassa. Työhön osallistumalla saamme pääsyn taustatutkimuksiin, joiden rahallinen arvo yksin ylittää kaiken DCDC-yhteistyön vuosikustannukset. Samalla rajallinen oma ennakoitiresurssi voidaan keskittää lyhyemmän aikavälin ennakointiin ja vaikutusanalyysiin.

Konseptien kehittämisessä näemme, mitä muut tekevät. Valitsemme meille ajankohtaisia projekteja, joihin itse sitten lähdemme mukaan. Autonomiset järjestelmät ja avaruus ovat esimerkkejä teemoista, joista kansallinen kehittämistyö voi yhteistyön kautta saada lähtöraketin.

Seuraamme myös doktriinin kehittämistä ja käytämme brittien hienosti tuotettuja dokumentteja yhtenä lähteenä omia päivityksiä tehdessämme. Vastavuoroisesti britit ovat hyötynneet asiantuntemuksestamme esimerkiksi kokonaisturvallisuuden kehittämisessä.

Tavoitteenamme on syventää yhteistyötä hallitusti, omat tavoitteet ja reunaehdot mielessä. Syventäminen edellyttää oman henkilöstön valmiuksien kehittämistä. Järjestimme jo brittimenetelmien ymmärrystä lisäävän työpajan Suomessa ja seuraavaksi pyrimme hakemaan briteiltä oppia mm. konseptien kehittämiseen ja doktriinien tuottamiseen heidän päivittäessä omia käsikirjojaan.

Keskuksen kautta avautuu näkymä sen kasvavaan kansainväliseen yhteistoimintaverkostoon. Ruotsin vahva läsnäolo DCDC:ssä on merkille pantavaa. Yhtenä tavoitteena on tälläkin foorumilla etsiä yhteisiä painopistealueita, joita sitten voidaan edelleen syventää Suomi-Ruotsi-yhteistyössä.



PVTUTKL:n ja DCDC:n yhteinen asiantuntijaryhmä Global Strategic Trends -työpajassa Shrivenhamissa. (Kuva: Mikko Lappalainen)

### Työtä yhdessä

DCDC-koordinaattorin työ on päätoimista DCDC-yhteistoiminnan suunnittelua ja ohjaamista. Noin puolet työskentelystä tapahtuu matkustusperustaisesti DCDC:ssä Shrivenhamissa ja puolet kotimaassa suomalaisten osallistujien tapaamisissa ja tulosten jalkauttamisessa.

Tehtävä edellyttää kykyä tunnistaa, rakentaa ja johtaa hyvin erilaisia laajaa sotilaallista osaamista vaativia joint-tason monikansallisia yhteistoimintaprojekteja. Työssä tarvitaan sotilaallisen osaamisen lisäksi kokonaisturvallisuuden tuntemusta ja kykyä poikkihallinnollisen yhteistoiminnan rakentamiseen sekä koordinointiin.

Työn onnistumisen edellytyksenä ja sitä kautta saatavan tiedon jalkauttamisen keskeisenä elementtinä on kuitenkin Puolustusvoimien tutkimuslaitoksen doktriiniosaston laaja suomalaisten asiantuntijoiden poikkihallinnollinen verkosto. Se on kansainvälisesti ainutlaatuinen. Syvä kiitoksemme kaikille jo mukana oleville ja tervetuloa, uudet kumppanit!

### Kirjoittaja:

Everstiluutnantti Mikko Lappalainen johtaa Puolustusvoimien tutkimuslaitoksen ja Ison-Britannian Development, Concepts and Doctrine Centren (UK DCDC) välistä yhteistoimintaa.

# Miten sotataitoa tutkitaan käytännön tasolla?

Sotataito on voittamisen taitoa, taidetta ja tiedettä (*Art of War*). Sotataito jää tutkimuksissa yleensä abstraktiksi ja teoreettiseksi käsitteiden tarkasteluksi. Sotataito-terminä käytetään usein myös virheellisesti synonyymina sodankäynnin tasoille, sodankäynnille ja sodan ilmiöille. Sotataito on kuitenkin paras termi, kaikesta kiinnostavasta sotatematiikasta huolimatta, kartoittamaan voittamisen mahdollisuuksia, voittamisen mahdolltomuuksia ja sodankäynnin tuloksellisuutta. Keskeisimmän lähtökohdan sotataidon tarkastelulle antaa professori Milan Vegon sotataidon elementit -asetelma (ks. kuva 1). Strategioiden avulla arvioidaan sodan ja sotatoimien loppuasetelmia sekä niiden tavoitteluiden mielekkyyttä ja saavuttamisen mahdollisuuksia. Taktiikassa ruoditaan taisteluiden voittamista sekä sitä edesauttavia tekijöitä. Operaatiotaito on yleistettävää tietoa operaatioiden menestystekijöiden taustalla. Luonnollisesti jokainen sotatoimi on ainutlaatuinen kokonaisuutensa, joten ei ole löydettävissä mitään vakioratkaisua, jonka avulla jokaista sotatoimea voitaisiin hallita samanlaisilla lähtökohdilla.



Kuva 1. Sotataidon elementit professori Milan Vegon mukaan

Sotataitoa ei ole perinteisesti mielletty käytännönläheiseksi työkalupakiksi huomiseen sodankäyntiin valmistauduttaessa. Sotatoimien suunnittelu on sotataidollisten tarkasteluiden sijaan ehkä liiankin painavasti suunnittelutieteeseen viittaavaa prosessinhallintaa. Tulevaisuus-orientoituneiden sotataitotarkasteluiden vähyys on selitettävissä käyttökelpoisten sotataidon alan teoreettisten työvälineiden puutteena mutta myös sotilasorganisaatioiden haluttomuutena ja osin myös kyvyttömyytenä antautua argumentaatio-orientoituneeseen sotataitokeskusteluun. On kiinnostavaa havaita, kuinka vä-

hän on olemassa esimerkiksi englanninkielistä sotataitoon liittyvää keskustelua ja julkista tutkimuskirjallisuutta. Puolustusvoimien tutkimuslaitoksen doktriiniosastolla on otettu ensiaskelita sotataidon käytännönläheisiin tarkasteluihin muun muassa puolustusjärjestelmätasoisien konseptien kehittämistyöhön sekä valtakunnallisiin operatiivisiin esikuntatarjoituksiin liittyen.

## Miksi sotataitotarkastelut ovat tärkeitä?

Sotataitotarkasteluiden perimmäinen tavoite on antaa mahdollisimman tarkka kuva siitä, miten eri osapuolet reagoisivat juuri tietynlaisessa skenaariossa ja miten ne pyrkisivät saavuttamaan voiton tai edun vastustajasta taktisella ja strategisella tarkastelutasolla. Kansallisella tasolla sotataidollisen osaamisen määrittäminen ja siihen liittyvien piirteiden paikantaminen ovat jokaisen kansakunnan elinehto. Sotataidon paikantaminen juuri tietyn sotilasorganisaation toimintakulttuurista, ohjesääntöjen ja oppaiden sanamuodoista sekä operatiivisesta toiminnasta on hyvin vaikeaa ja vähintään monimuotoista ja monimutkaista. Toisaalta sotataitoon liittyvien perimmäisten kysymysten loputtomaltakin tuntuva ruotiminen on kuitenkin erityisen tärkeää, ja sitä pitäisi toteuttaa kaikin käytettävissä olevin voimavaroin, koska juuri organisaation sotataidollinen osaaminen on tulevien sotatoimien onnistumisen mutta myös epäonnistumisen tärkein lähde. Tulevien sotatoimien lopputulosten ennustaminen on erityisen vaikeaa ja osin myös mahdotonta, mutta sotataidollisilla tarkasteluilla voidaan paremmin ymmärtää, minkälaisiin asetelmiin eri osapuolet ajautuvat juuri tietynlaisissa skenaarioissa. Tämä tieto auttaa operaattikkoja välttelemään aivan ilmeisiä ”sudenkuoppia” operaatiosuunnitelmia laadittaessa.

Vielä 1900-luvulla oli mahdollista, että asevoimat kokeilivat vastustajan voittamista erilaisilla sotaliikkeillä ja vaikuttamisen keinoilla. Nykyaikaiset yhteiskunnat eivät ole enää valmiita sijoittamaan määräämättömiä resursseja asevoimiensa käyttöön, vaan ne edellyttävät niiltä kustannustehokkuutta ja myös vaikuttavuutta. Kiinalainen Sunzi totesi kaksi vuosituhatta sitten, miten oli lopultakin helppoa rakentaa armeija ja keskittää se taisteluun. Sen sijaan armeijan taisteluttaminen oli vaikeaa, erityisen vaikeaa. Sunzin teos on kuvaus ihmisorganisaatioiden välisestä yhteenotosta ja samalla pyrkimys hallita siihen liittyvää monimuotoisuutta. Näiltä osin Sunzin teos ei ole vanhentunut päivääkään.

## Sotataitotarkasteluiden osakokonaisuudet

Sotataito on aivan liian laaja ilmiö tarkasteltavaksi vain yksittäisten teoreettisten mallien avulla. Seuraavaksi esitellään kolme sotataitotarkastelun osakokonaisuutta, jotka liittyvät toisiinsa mutta joita voidaan käyttää, kulloisenkin tarpeen mukaisesti, omina erillisinä tarkasteluina. Sotataidon tarkasteluiden osakokonaisuuksien yhdistelmä muodostaa varsin kattavan läpileikkauksen esimerkiksi tietyn konseptin sotataidollisista oletuksista ja perusteista. Sen avulla on mahdollisuus ruotia ja arvottaa kokonaisen asevoiman sotataitoa. Eri tarkastelukokonaisuuksien yhdistelmä muodostaa käsityksen siitä, miten voittaminen on ylipäättään mahdollista juuri tietyssä skenaariossa. Tutkimustulokset eivät ole julkista tietoa, eikä tutkimustuloksia voida asettaa tieteellisen arvioinnin kohteeksi. Sen sijaan tarkasteluiden teoreettiset mallit ja osin myös niissä käytetyt kysymyssarjat ovat julkista tietoa.

**Ensimmäisen sotataidon tarkastelun osakokonaisuuden tavoitteena on muodostaa (konseptin) sotataidollinen profiili.** Profiili on karkea kuvaus konseptin tai vaikkapa kokonaisen puolustusjärjestelmän sotataidollisista piirteistä juuri tietyssä skenaariossa. Sen avulla on mahdollista ymmärtää paremmin tarkasteltavan kohteen sotataidollisia painotuksia, profiilin neljän sotataidollisen lähtökohdan valossa (ks. kuva 2). Sotataidollinen profiili antaa viitteitä esimerkiksi konseptin edellyttämästä ja olettamasta sotataidollisesta ajattelusta. Sen avulla voidaan pohtia tarkasteltavan konseptin osoittamia sotataidollisia painotuksia ja laatia kehittämissuunnitelmia konseptin kokonaisvaikuttavuuden tehostamiseksi. Tulosten analysointi on sotataitokeskustelua parhaimmillaan, koska niissä ajaututaan ymmärtämään lähemmin niitä syitä, jotka ovat johtaneet tulkitsemaan tarkasteltavan konseptin (vast.) painottavan juuri tiettyjä sotataidollisia lähtökohtia.



Kuva 2. Esimerkki sotataidollisesta profiilista.

**Toinen sotataidon tarkasteluiden osakokonaisuus liittyy sodanjohtamiseen.** Tarkastelussa pureudutaan tarkemmin sotatoimien johtamisen oletuksiin ja samalla myös sotilaskulttuurin kirjoittamattomiin perinteisiin ja niiden tuottamiin tiedostettuihin ja osin myös tiedostamattomiin toiminta- ja käyttäytymismalleihin. Erityisen tärkeää on paikantaa ja luonnehtia eri johtamistasojen välistä dynamiikkaa. Teoreettisena apuvälineenä käytetään Milan Vegon sotataidon elementti-mallia, jonka avulla päästään yksityiskohtaisemmin tarkastelemaan sodanjohtamisen perusoletuksia, taktisen taistelutentän mahdollisuuksia ja strategis-taktista hallintaa.

**Kolmannessa sotataidon tarkasteluiden osakokonaisuudessa konseptia peilataan operaatiotaidollisiin lähtökohtiin.** Tarkastelussa kiinnitetään huomiota tehtyjen päätösten, toiminnanohjauksen sekä valittujen operaatiolinjojen perusteluihin, joita peilataan edelleen operaatiotaidollisiin valintoihin. Tarkastelun tavoitteena on määrittää operaatiotaidollisia painotuksia ja toiminnan taustalla olevia perusteita, joiden varassa sotatoimia lähdetään voittamaan. Aivan itsestään selvää ei nimittäin ole, minkälaisista tuloksellisuudesta saavutetaan juuri tietyllä voimalla ja juuri tietyssä ajassa. Operaatiotaidollinen tarkastelu toteutetaan arvioimalla sotatoimien toteutusta seuraavien käsitteiden välisenä dialogina:

- ▶ samanaikaiset operaatiot vs. peräkkäiset operaatiot
- ▶ sotatoimien ratkaisu viikkojen vs. kuukausien aikana
- ▶ vaikuttaminen kineettisesti vs. ei-kineettisesti.

### Kirjoittaja:

Everstiluutnantti, valtiotieteiden tohtori Juha Mälkki toimii tutkimusalaohjohtajana Puolustusvoimien tutkimuslaitoksen doktriiniosastossa sotapelien ja eksperimenttien tutkimusalalla.



# Tulevaisuuden toimitusketju 2035

## – heijastevaikutukset Puolustusvoimien logistiikkajärjestelmään

PVTUTKL toteutti toimitusketjun hallinnan pitkän aikavälin trendejä ja niiden vaikutuksia kartoittaneen tutkimuksen vuosina 2016–2017 (kuva 1). Trendejä selvitettiin kirjallisuuskatsauksessa (tutkimuskysymys 1). Trendien kehityskaaria ja vaikutuksia logistiikan ja toimitusketjun hallinnan näkökulmasta (tutkimuskysymys 2) kartoitettiin kyselytutkimuksella, jonka vastaajina oli Suomen johtavia logistiikan ja toimitusketjun hallinnan tutkijoita, opettajia ja konsultteja sekä Suomen suurimpien yritysten logistiikkapäälliköitä. Heijastevaikutuksia Puolustusvoimien logistiikkajärjestelmän kehittämiseen (tutkimuskysymys 3) selvitettiin kyselytutkimuksella, johon vastasi valikoitu joukko Puolustusvoimien logistiikkajärjestelmän asiantuntijoita.

Tutkimuksessa tarkasteltiin kuuden eri toimitusketjun hallinnan pitkän aikavälin trendin vaikutuksia Puolustusvoimien logistiikkajärjestelmän kehittämiseen. Kaikkien tarkasteltujen trendien vaikuttavuus kasvaa vuoteen 2035 mennessä. Trendeistä vaikutuksiltaan myönteisin on logistiikkaprosessien digitalisaatio ja automaatio. Logistiikkaprosessien automaation ja digitalisaation arvioitiin kasvavan jatkuvasti, mutta vaikutus huipentuu jo 2010–2020-luvuilla. Lähes yhtä myönteinen kehityskulku on resurssiniukkuuden, kiertotalouden ja jakamistalouden muodostama kokonaisuus. Resurssiniukkuus itsessään on negatiivinen ilmiö, joka tulevaisuudessa voi leikata talouden kasvua. Kierto- ja jakamistalouden odotetaan kuitenkin tarjoavan tulevaisuudessa yhä parempia ratkaisuja resurssiniukkuuteen. Trendin vaikutus on kasvanut 2010-lu-



Kuva 1. Tulevaisuuden toimitusketju 2035 -tutkimus.

vulla merkittävästi ja jatkunee lähivuosisikymmeninä. *Toimitusketjun resilienssin kehittäminen* tarkoittaa toimitusketjun häiriöiden ennakointia, niihin varautumista sekä erityisesti toipumiskyvyn kehittämistä. Resilienssin kehittäminen korostuu myös vasteena muihin trendeihin, kuten haavoittuvuuksia lisäävään digitalisaatioon sekä resurssiniukkuuteen, ja kasvaneen koko tarkastelujakson ajan.

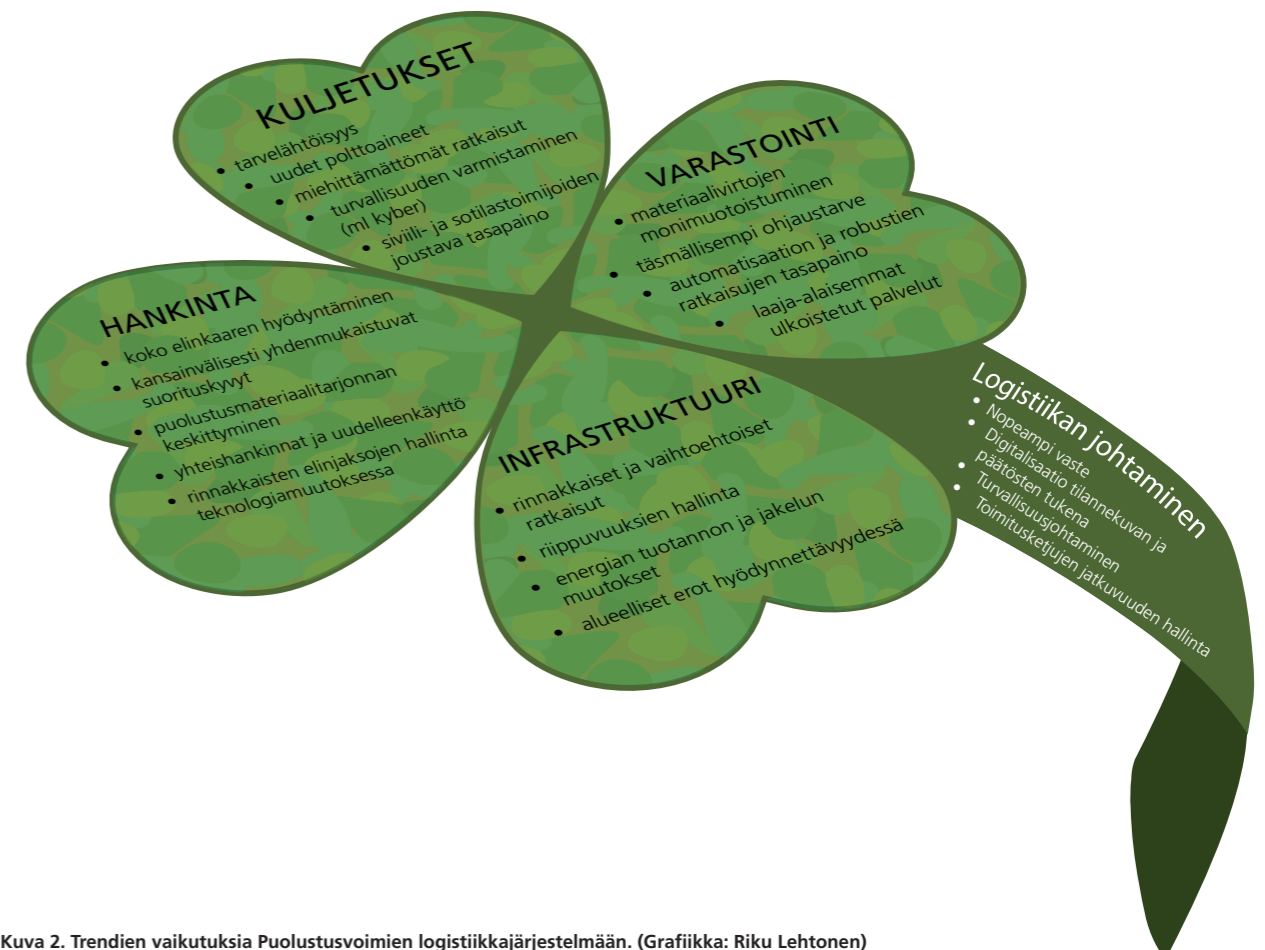
Vaikutuksiltaan negatiivisin trendi on hybrivaikuttaminen. Toimitusketjut pystytään lamauttamaan esimerkiksi infrastruktuuriin, kalustoon ja tietojärjestelmiin kohdistuvilla hyökkäyksillä. Toimitusketjuriippuvuudet korostavat vaikutusmahdollisuuksia. Trendeistä *hybridivaikuttaminen* arvioitiin viimeisimpänä alkaneeksi, ja vaikutushuippu ajoittunee 2030-luvulle. *Globaalien verkostojen kehittyminen* (toimitusketjujen globalisaatio ja toimintojen ulkoistaminen vs. kotiuttaminen) arvioitiin kaikkein pisimmälle kehittyneimmäksi trendiksi. Suurimmat ulkoistamiset on jo tehty tai tehdään 2010-luvulla, eikä ulkoistaminen lisääntyne merkittävästi. *Sähkö- ja tietoliikeneriippuvuuden* ei uskota vähenevän tarkastelujaksolla, mutta varautumisen keinovalikoiman kehittyminen (esim. uusiutuvat energianlähteet, saarekkeisuus) vähentää sähkö- ja tietoliikeneriippuvuuden negatiivisia vaikutuksia.

Trendien vaikutuksia Puolustusvoimien logistiikkajärjestelmään tutkittiin viidestä näkökulmasta: logistiikan infrastruktuuri, hankinta, kuljetukset ja jakelu, varastointi sekä logistiikan/toimitusketjun johtaminen. Vaikutuksia näkökulmittain on koottu yhteen kuvassa 2. Lisäksi on tarkasteltu vaikutuksia kunnossapitoon, joka Puolustusvoimissa on osa logistiikkajärjestelmää.

### Vaikutuksia logistiikan infrastruktuurin näkökulmasta

Puolustusjärjestelmässä on kehitettävä rinnakkaisia ja kriittisistä solmukohdista tosiasiallisesti riippumattomia toimitustapoja ja reittejä. Kriittisten materiaalien osalta on arvioitava mahdollisuuksia kehittää toimitusketjuja niin, että riippuvuus solmukohdista vähenee. Kasvukeskuksiin yhä voimakkaammin keskittyvää infrastruktuuria kannattaa myös pyrkiä hyödyntämään operaatioiden tukemisessa.

Puolustusvoimien on seurattava ja kehitettävä energiatehokkuutta lisääviä ratkaisuja operaatioedellytykset ja henkilöturvallisuus huomioiden. On kehitettävä kenttähuollon



Kuva 2. Trendien vaikutuksia Puolustusvoimien logistiikkajärjestelmään. (Grafiikka: Riku Lehtonen)

varavirta- ja energiantuotantoratkaisuja. Esimerkiksi biopolttoaineiden ja uusien energiamuotojen jakeluverkostoa on kehitettävä tärkeimmillä operaatioalueilla. On tarkasteltava mahdollisuuksia hyödyntää pienen mittakaavan hajautettua energiantuotantoa uusiutuvilla energianlähteillä perinteisen varavoiman rinnalla. Kehityksen myötä uusiutumattoman energian saanti vaikeutuu ja Puolustusvoimien omavaraisuusvelvoite sen osalta kasvaa.

### Vaikutuksia kuljetusten näkökulmasta

Sähkö- ja biopolttoainekäyttöisten ja autonomisten ajoneuvojen määrä kasvaa. Kehityssuunta muuttaa ottoajoneuvojen käytettävyyttä Puolustusvoimien tarpeisiin pitkällä aikavälillä. Muutos voi pakottaa SA-ajoneuvokannan kasvattamiseen tai ajoneuvojen kohdentamisperusteiden uudelleenarviointiin.

Puolustusvoimien voi olla tarkoituksenmukaista pitäytyä ainakin osin perinteisessä, polttomoottoritekniikkaa käyttävässä kalustossa siirtymäajan yli. Tämä saattaa lisätä resilienssiä, toisin sanoen vähentää vastustajan vaikutusmahdollisuuksia, koska perinteinen teknologia ei ole etäohjattua ja verkottunutta. Siirtyminen laajasti autonomisiin tai verkottuneisiin ajoneuvoihin pakottaa varautumaan haavoittuvuuksiin ja rajoittaa vastustajan vaikutusmahdollisuuksia.

Miehittämättömät ratkaisut eri kuljetusmuodoissa luovat uusia vaihtoehtoja täydennysten toteuttamiseen. Niiden hyödyntäminen vaatii kuitenkin uudentyyppistä osaamista, ajattelua ja koulutusta. Autonomiset järjestelmät pienentävät luonnollisesti henkilöturvallisuusriskejä, jolloin myös kumppaneilla ja ostopalveluyrityksillä on matalampi kynnyks toimittaa materiaalia taistelutilaan autonomisilla järjestelmillä. Uhkana on kuitenkin se, että autonomisten järjestelmien myötä maantieliikenteestä voi tulla vähintään yhtä häiriöherkkää kuin rautatieliikenteestä. Autonomisten ajoneuvojen kyberturvallisuus tulee huomioida, ennen kuin niitä voidaan täysipainoisesti hyödyntää.

Kuljetusten turvallisuuden varmistaminen vaatii tulevaisuudessa entistä enemmän sitä, että kuljetukset suojataan myös normaalioloissa. Puolustusvoimien on tuettava logistiikkajärjestelmän siviilitoimijoiden osaamisen ja resurssien kehittämistä turvallisuuden varmistamiseksi.

Kuljetukset on organisoitava entistä enemmän tarvelähtöisesti. Logistiikkajärjestelmän kuljetuksia hoitavat joustavasti siviili- ja sotilastoimijat. Tarpeet ja mahdollisuudet kuljetuspalveluiden hyödyntämiseen on ratkaistava alueellisesti perustuen alueellisin erityispiirteisiin ja palvelutarjontaan.

Kun kansainvälinen regulaatio asettaa yhä enemmän vaatimuksia kuljetuksille, myös Puolustusvoimien kustannukset kasvavat. Sääntelyn myötä kasvavat kustannuspaineet voivat

lisätä sitä, että Puolustusvoimat tukeutuvat muuhun yhteiskuntaan kuljetuksissa.

### Vaikutuksia hankinnan näkökulmasta

Hankinta- ja vientimarkkinoiden globalisoituminen lisää hankintakanavien määriä ja hankintalähteitä, mutta haasteena ovat Puolustusvoimien pienet hankintavolyymit. Suuret globaalit toimijat voivat priorisoida suuria tilausvolyymeja. Yhteishankinnat ja uudelleenkäyttö lisääntyvät. Kierrätys esimerkiksi Surplus-kaupoilla voi antaa sekä ostajalle että myyjälle mahdollisuuksia tehokkaampaan resurssienkäyttöön. Tarve ja mahdollisuudet päivittää jo hankittua materiaalia lisääntyvät ja laaja-alaistuvat jatkossa.

Puolustusteollisuuden konsolidaatio osana globaaleja hankinta- ja vientimarkkinoita mahdollistaa nopeamman ja virtaviivaisemman kilpailutus- ja hankintaprosessin, samalla kun tarjonta keskittyy pienemmälle toimijajoukolle. Hankehallinnan käytänteet, vaatimusmäärittely ja vaatimusten hallinta sekä rakennettavat suorituskyvyt yhdenmukaistuvat kansainvälisen yhteistyön lisääntyessä. Just in time -toimintamalli yleistyy ja muokkaa toimitusketjua myös kuljetuksissa ja varastoinnissa.

### Vaikutuksia varastoinnin näkökulmasta

Kiinteät, fyysiset varastot muuttuvat osin liikkuviksi, laivoissa tai pyörien päällä toimiviksi, jolloin materiaalivirtojen täsmällisempi hallinta ja verkottuminen (esim. poolit) korostuvat. Tämä tuonee mahdollisuuksia tehostaa myös Puolustusvoimien logistiikkajärjestelmää. Kierrätysvirrat tuovat lisää volyymin materiaali- ja virtoihin, mutta niiden ei nähdä vaikuttavan merkittävästi Puolustusvoimien logistiikkajärjestelmään. Materiaalia lisäävä valmistus (3D/AM) tuo joustavuutta erityisesti kunnossapidon varaosien tuotantoon ja varastointiin.

Digitalisaation edistäminen tuo mahdollisuuksia myös varastoinnin tehostamiseen. Samalla on säilytettävä kyky perinteiseen kenttävarastointiin, joka ei ole riippuvainen sähkön saannista tai tietoverkkojen toimivuudesta. Kehityssuunta voi johtaa myös siihen, että Puolustusvoimien omia varastoja ei laajasti automatisoida, vaan automatisaation hyödyt varastoinnissa saadaan ulkoistetuista varastopalveluista.

On mahdollista, että kustannustehokkuuden ja toiminnan joustavuuden varmistamiseksi yhä useampien materiaali-ryhmien varastointi on tarkoituksenmukaisinta ulkoistaa ja palveluntarjoajilta hankitaan yhä laajempaa palvelua, joka ulottuu materiaalin elinjakson hallintaan. Varastopalveluiden ulkoistamisessa on varmistettava palveluntarjoajan kyky vastata asetettuihin aikavaatimuksiin. Nopean vasteen vaatimus taas nostaa palvelun kustannuksia: edellytettävä ja saavutet-

tavissa oleva palvelutaso suhteessa kustannuksiin on varmasti yksi kriteeri varastoinnin ulkoistamista arvioitaessa.

### Vaikutuksia kunnossapidon näkökulmasta

Logistiikkaprosessien digitalisaatio- ja automaatiotrendi hyödyttää kunnossapidon suunnittelua: Tuettavan joukon konfiguraatioon ja tehtäväprofiliin perustuvaa laskennallista tietoa-aineistoa hyödyntämällä voidaan määrittää tilastollinen kunnossapitotapahtumien määrä ja laatu sekä tarvittavat varaosat. Tieto on perusteena varaosien saatavuuden varmistamisessa ja kunnossapitoresurssin organisoimisessa tarvetta vastaavaksi (kunnossapitojoukkueet tai -yksiköt ja käyttöön saatava siviilikorjaamojen kapasiteetti), mikä mahdollistaa kunnossapidon nopean vasteen.

Kaluston käytettävyyden ylläpito edellyttää jatkossakin kykyä kenttäkorjauksiin, joka painottuu varaosien ja vaihtolaitteiden käyttöön. Teknistyvien järjestelmien korjausolosuhte-vaatimukset (esim. vakausolosuhteet, tarvittavat mittalaitteet, erikoistyökälyt, jne.) edellyttävät entistä useammin kaluston evakuoimista kiinteisiin tiloihin.

Suurin uhka logistiikkaprosessien automaation ja digitalisaation etenemisessä on varmistaa osaaminen. Data-analytiikan osaaminen korostuu, mutta tarvitaan myös perinteistä osaamista. Puolustusvoimien kunnossapidossa tarvitaan jatkossa sekä perinteistä mekaanista kunnossapito-osaamista, että kykyä hyödyntää tietojärjestelmiä kunnossapidon ohjauksen ja toteutuksen tukena (vikadiagnostiikka, tietokanta-avusteinen käyttöhuolto, jne.).

### Vaikutuksia logistiikan johtamiseen

Toimitusketjujen hallinta ja erityisesti tilannekuvan luonti edellyttävät laajamittaista digitalisaation hyödyntämistä, kehittyneitä tunnistusteknologioita ja tiedonvälityksen integraatiota. Puolustusvoimien logistiikan johtamisen haasteet kasvavat, kun tuettavien toimintatapa edellyttää logistiikalta nopeampaa vastetta ja aiempaa hajautuneempia materiaali- virtoja. Tarve saada tietojärjestelmien avulla kokonaisvaltaisempaa ja eheämpää tietoa sekä tuettavan tarpeesta, toimintaympäristöstä että omista resursseista korostuu.

Digitalisaation mahdollistama logistiikan analytiikka voisi tukea päätöksentekoa esimerkiksi logistiikkajärjestelmän tavaravirtojen simuloinnissa ja optimoinnissa (pullonkaulojen tunnistaminen, kuljetusvolyymin ja tavaroiden riiton määrittäminen), automaation tukeman tilausmenettelyn hyödyntämisessä (automaattiset hälytysrajat/tilauspisteet materiaaleille) sekä palvelutason optimoinnissa (tuettavan vaatimukset vs. käytössä olevat resurssit). Samalla analytiikan hyödyntäminen tukee myös resurssitehokkuuden kasvaviin vaatimuksiin vastaamista.

Turvallisuusjohtaminen tulee korostumaan, ja turvallisuuden merkitys laajenee. Hybridiuhuksiin (ml. kyberuhat) varautumista on kehitettävä ja kriittiset toimitusketjut varmistettava. Puolustusvoimien ulkopuolisten toimitusketjujen osien hallinnassa Puolustusvoimien rooli ei niinkään ole johtaminen vaan tuki ketjujen toiminnan (jatkuvuuden) turvaamiseksi.

### Muutokseen on vastattava

Puolustusvoimien sisäisen yhteistoiminnan merkitys kasvaa toimitusketjujen muutoksen ja logistiikan toimintaympäristön kehityksen ennakoimiseksi ja siihen varautumiseksi ja sopeutumiseksi. Puolustusvoimat ei voi itse hallita toimitusketjua, koska toimijoiden määrä on suuri ja ketjut muokkautuvat dynaamisesti. Oleellisempaa on muodostaa ja ylläpitää kyky toimitusketjujen tilannekuvasta ja riskeistä.

Trendien vaikutusten alueellisten erojen tunnistaminen ja hyödyntäminen kehittämisessä korostuu. Logistiikan infrastruktuurin ja toimintaedellytysten alueelliset erot korostuvat jatkossa entistä enemmän, esim. kuljetuspalveluiden roolijako siviili- ja sotilaskomponentin välillä, polttoaineiden jakeluverkoston kattavuus tai autonomisten ajoneuvojen tarvitsema infrastruktuuri. Joustavuus ja paikallisten ratkaisujen mahdollistaminen ovat edellytyksiä logistiikkajärjestelmälle. Tämä edellyttää myös sitä, että tehdään tilanteenmukainen päätöksenteko mahdolliseksi paikallisella tasolla.

Puolustusvoimien tulee osallistua aktiivisesti muiden viranomaisten kanssa logistiikan toimintoihin ja infrastruktuuriin vaikuttavan sääntelyn ja toimintamallien kehittämiseen (esim. viranomaislausunnoin), jotta Puolustusvoimien tarpeet huomioidaan. Esimerkiksi uusien energiamuotojen jakeluverkoston kehittämiseksi tulee tarvittaessa laatia yhteistoimintasuunnitelmia muiden viranomaisten ja elinkeinoelämän kanssa.

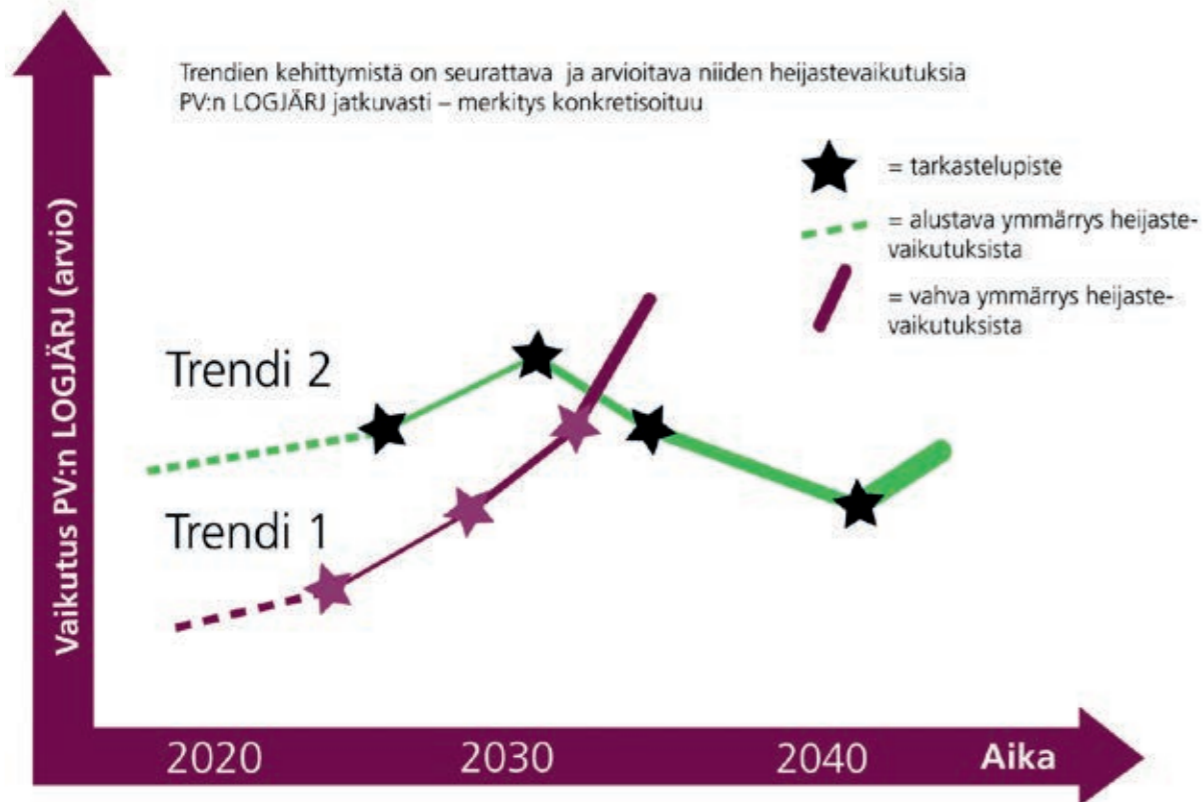
Kehitystrendien (erityisesti digitalisaation) vaikutuksena järjestelmien elinjaksot lyhenevät ja sirpaloituvat (tiheämpi päivitystarve, jne.). Näin ollen perinteisiä järjestelmiä voi olla tarkoituksenmukaista elättää ainakin siirtymäajan uusien järjestelmien rinnalla, kunnes uusi teknologia on kypsää ja käyttöönotto täysimääräisesti suoritettu. Tämä rinnakkaisuus korostuu jatkossa yhä enemmän, ja sen huomioiminen suorituskykyjen suunnittelussa ja rakentamisessa on entistä tärkeämpää. Muutosta tulee kyetä ennakoimaan elinjakson hallinnan kehittämisessä.

### Trendianalyysi kehittämisen tukena

Trendien konkreettisia vaikutuksia ei voida luotettavasti arvioida etenkin pitkällä aikajänteellä, vaan lähinnä esittää alustavia arvioita ja huomioitavia asioita sekä jatkoselvitystar-

peita. Trendien seuraamista ja arviointia vaikutuksista Puolustusvoimien logistiikkajärjestelmään tulee jatkaa säännöllisesti, jotta saavutetaan riittävä tietopohja Puolustusvoimien ratkaisuvaihtoehtojen taustatiedoksi ja perusteeksi. Arviot jalostuvat ja lopulta muuttuvat konkretiaksi ja hyödynnettäväksi esimerkiksi hankkeissa. Kuvassa 3 on esitetty periaate trendien seuraamisesta. Trendeistä on saavutettava riittävän vahva ymmärrys ennen niiden hyödyntämistä käytännön kehittämistyössä. Muutoin on vaarana tehdä kestäättömiä ratkaisuja liian ohuen tietämyksen ja ”hype”-innostuksen vallassa. Riittävän ymmärryksen muodostuminen eri trendeistä voi vaatia eri tavalla aikaa. Trendit vaikuttavat logistiikkajärjestelmän kehittämiseen hallitusti vain, jos niihin liittyvät kehittämiskohteet voidaan perustellusti tunnistaa ja huomioida ennakoivasti logistiikan kehittämisessä.

Trendien seuraaminen ja seurannaisvaikutusten analysointi auttavat ennakoimaan myös logistiikan osaamisen murrosta ja vastaamaan siihen. Esimerkiksi digitalisaation täysipainoiseksi hyödyntämiseksi on kehitettävä toimintaa ja osaamista. Pelkkä rahallinen panostus teknologiaan ei riitä, vaan on varmistettava, että *osaaminen on ensin riittävällä tasolla*. Mikäli trendin heijastevaikutuksia ei Puolustusvoimissa osata arvioida ja hyödyntää oikein, voidaan jäädä kehityksestä jälkeen. Tämä tarjoaa vastustajalle toiminnassaan etumatkaa ja enemmän vaikuttamismahdollisuuksia ja voi aiheuttaa tehottomuutta ajan, laadun, kustannusten ja joustavuuden suhteen omaan logistiikkajärjestelmään.



Kuva 3. Pitkän aikavälin trendien seuraaminen Puolustusvoimien logistiikkajärjestelmän näkökulmasta. (Grafiikka: Riku Lehtonen)

#### Kirjoittajat:

Tekniikan tohtori Sari Uusipaavalniemi toimii erikoistutkijana Puolustusvoimien tutkimuslaitoksen doktriiniosastossa strategisen analyysin tutkimusalalla. Everstiluutnantti Risto Leinonen toimii erikoistutkijana Puolustusvoimien tutkimuslaitoksen doktriiniosastossa konseptien ja käyttöperiaatteiden tutkimusalalla.

## Sodanaikaiset upotetut räjähteet

**Sodan jälkeen, vuonna 1945, liittoutuneiden valvontakomissio valvoo rauhansopimuksen toteutumista Suomessa. Komission huomio kiinnittyy asevarastoinnin laajuuteen Kuopiossa. Sorsasalon kenttäammusvarikko määrätään tyhjennettäväksi 14 vuorokaudessa. Räjäheteitä varastoidaan mahdollisimman paljon Ison Neulamäen varikolle, mutta valtava määrä materiaalia joudutaan hävittämään upottamalla ne läheiseen Neulalahteen.**

Vastaavia tarinoita sodan jäljiltä riittää. Käytöstä poistettavien ampumatarvikkeiden ja räjähteiden upottaminen lampiin, järviin ja soihin oli vallitseva – ja kustannustehokas – tapa hävittää materiaalia vielä vuosikymmeniä sotien jälkeenkin. Upotuksista ei ole järjestelmällistä kirjanpitoa. Upotuskohteita nousee esiin kaavoituksen, rakentamisen ja perimätiedon kautta. Upotettu räjähdemateriaali kiinnostaa kovasti myös alan harrastajia, ja turvallisuussyistä tarkat tiedot upotuspaikoista pidetään vain Puolustusvoimien tiedossa. Sotilasaräjäheteiden raivaaminen on Puolustusvoimien lakisäätäinen tehtävä.

#### Räjäheteitä raivataan vuosittain tuhansia kappaleita

Maavoimat vastaa maa-alueiden ja sisävesien raivaamisesta. Raivaaminen jaetaan alue- ja päivystysluonteiseksi raivaamiseksi. Alueraivaaminen sisältää räjähteiden raivaamisen Puolustusvoimien luovutetuilta alueilta ja vesistöistä sekä sotien jälkeen maastoon jääneiden tai upotettujen räjähteiden raivaamisen. Maavoimien esikunnan kapteeni Lasse Huokosen mukaan vuonna 2017 räjähteitä raivattiin seitsemässä suuremmissa kohteessa. Merkittävimmät kohteet olivat Kuopion Savi- ja Neulalahti, Kontiorannan entinen varuskunta-alue sekä Misin alue Pohjois-Suomessa. Lisäksi Maavoimat toteuttaa päivystysluonteista virka-apuraivaamista.

Alueraivaamisprojekteissa raivataan vuosittain tuhansia räjähteitä. Laajimpien kohteiden raivaamiseen kuluu useita vuosia. Pelkästään Neulalahdesta on nostettu tähän mennessä noin 200 000 kpl räjähtävää materiaalia. Kohteiden yhteismittalista raivattujen räjähteiden määrää on haastava arvioida. Suuremmat räjähteet pyritään laskemaan kappaleina, mutta pienmateriaaleista on kätevämpi käyttää määrää tonneina tai kilogrammoina. Eri vuosien välillä on suurta vaihtelua riippuen käynnissä olevista projekteista, selvittää teknikkokapteeni Jukka-Pekka Nurmela Karjan Prikaatin Raivaamisen valmiussektorista.

Analysoitavia näytteitä. (Kuva: Marita Lehtonen)



### Miksi raivaamisnäytteitä analysoidaan PVTUTKL:ssa?

Raivaamistoiminnassa saatetaan törmätä tilanteeseen, jossa raivattavan räjähteen turvallisuustilaa on vaikea arvioida. Usein upotuksista nostettavaa räjähdettä on määrällisesti paljon, jolloin nostomenetelmän on karkeampi ja tästä tuotteelle aiheutuva rasitus on suurempi. Räjähteiden hävitys paikan päällä on haastavaa, joten ne joudutaan kuljettamaan Räjähdekeskuksen toimipisteeseen hävitystä varten. Upotusmateriaalin joukossa saattaa olla myös tuntemattomiksi luokiteltuja räjähteitä tai tunnistamattomia aineita. Puolustusvoimien selvilläolovelvollisuus materiaalistaan ja räjähteiden käsittelyn turvallisuustekijät muodostavat tarpeen kääntyä PVTUTKL:n puoleen. Räjähde- ja suojelutekniikkaosaston energeettiset teknologiat -tutkimusalalla on pitkät perinteet ja osaamista tämäntyyppisten näytteiden analysointiin.

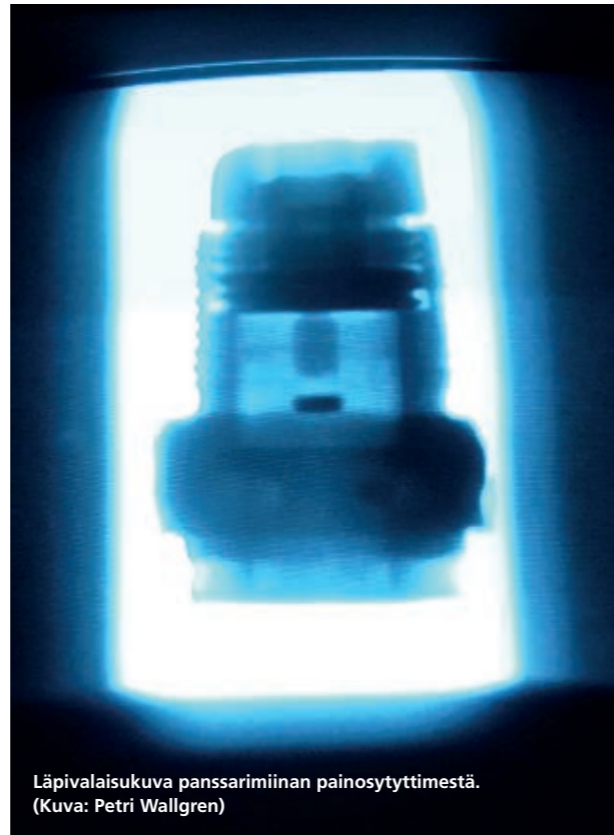
### Analyysointia monelta kantilta

Näytteiden analysointi on monipuolinen prosessi, joka alkaa tuotteiden läpivalaisulla. Läpivalaisu on yleensäkin räjähteiden tutkimisessa avainasemassa, sillä siinä saadaan tietoa tuotteen rakenteesta ”pintaa syvemmältä”. Rakenteen tunteminen antaa lähtökohdat tuotteen purkamisessa käytetyille menetelmille.

Tuotteet tunnistetaan tunnistuskuvastojen tai muun materiaalin perusteella. Energeettiset teknologiat -tutkimusalalle, ”Ruutiin”, on kertynyt mukava määrä tunnistusmateriaalia, josta saamme pitkälti kiittää avuliasta ja ammattitaitoista raivaamistoiminnan avainhenkilöstöä Puolustusvoimien eri joukko-osastoissa. Silti räjähteitä saattaa olla vaikea tunnistaa tarkan nimikkeen tasolle. Varikoilla on tehty osana kokeellista toimintaa räjähteiden prototyyppejä, joista ei ole saatavilla mustaa valkoisella. Tämä aiheuttaa päänvaivaa raivaamistoiminnassa. Tarkat mitat ja valokuvaaminen ovat erityisesti silloin tärkeä osa dokumentointia.

Räjähteen purkaminen osakomponentteihin tehdään mahdollisuuksien mukaan kauko-ohjatusti. Usein kuitenkin joudutaan ainakin osa purkutyöstä suorittamaan manuaalisesti. Purkutyön ohessa räjähteestä otetaan tarvittavat räjähdysainenäytteet, jotka analysoidaan räjähde- ja suojelutekniikkaosastolla. Räjähdysaineanalyysi on tärkeä varsinkin silloin, jos on epäselvää, onko tuote ns. ”kova” vai kenties harjoitustuote. Analysoinnilla saadaan myös tietoa räjähdysaineen tai aloiteaineen kemiallisesta tilasta, joka vaikuttaa räjähteen toimintavarmuuteen.

Toimintatesteillä saadaan paras kuva räjähteen turvallisuustilasta. Toimintatesti sovelletaan tuotteen toimintaperiaatteen tai koon mukaan. Yksinkertaisimmillaan se on sopivan iskuenergian kohdistamista räjähteen nalliin (syttykö nalli



Läpivalaisukuva panssarimiinan painosytyttimestä. (Kuva: Petri Wallgren)



Näyttääkö räjähteeltä? Panssarimiinan painosytytin. (Kuva: Marita Lehtonen)



Tunnistusmateriaalia. (Kuva: Marita Lehtonen)

vai ei). Sama toistetaan kostealla ja kuivalla tuotteella. Upotettuja räjähteitä on yleensä turvallisinta käsitellä kosteana. Kuivana räjähteen metalliosat ruostuvat, eikä räjähteiden käsittelyvarmuus ole aina enää sitä tasoa, johon ne on alun perin suunniteltu.

### Tutkitun räjähteen uusi uljas elämä

Kun sodanaikainen aarre on tutkittu, se puhdistetaan huolella räjähdysaineista ja tehdään vaarattomaksi. Jäljelle jääneet kappaleet palautuvat Raivaamisen valmiussektoriin Karjalan prikaatiin tai muualle joukko-osastoihin. Ne saavat uuden elämän opetustarvikkeina raivaamistoiminnassa.

#### Kirjoittaja:

Laboratorioteknikko Marita Lehtonen toimii laboratoriomestarina Puolustusvoimien tutkimuslaitoksen räjähde- ja suojelutekniikkaosastossa energeettisten teknologioiden tutkimusalalla.

# Radioaktiivisten aineiden lentotiedustelu

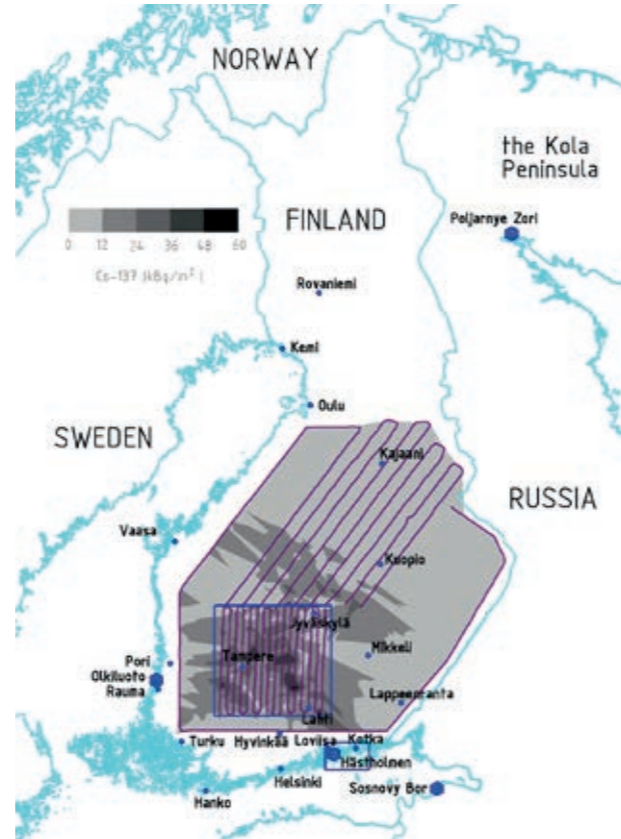
## Säteilyyn liittyvät uhkat Suomelle aiheutuvat seuraavasti:

- ▶ terrori-isku merkittäviä määriä radioaktiivisia aineita sisältävään laitokseen tai radioaktiivisia aineita sisältävän nk. "likaisen pommin" käyttö maamme tärkeässä solmukohdassa
- ▶ ydinreaktorionnettomuus kotimaassa tai ulkomailla
- ▶ vakavimpana uhkana ydinaseiden käyttö maassamme tai lähialueella sekä onnettomuus niiden kuljetuksessa tai varastoinnissa.

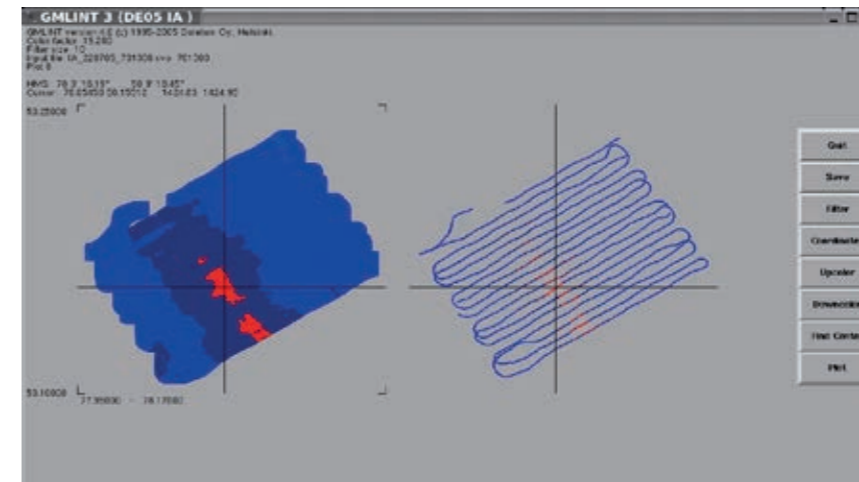
Näissä tapahtumissa vapautuu ilmakehään radioaktiivisia aineita, jotka laskeutuvat vähitellen takaisin maan pinnalle, aiheuttavat vaaraa väestölle ja haittaavat myös merkittävästi yhteiskunnan toimintoja. Puolustusvoimien tutkimuslaitos on vuodesta 1991 alkaen suorittanut säteilyn lentotiedustelua miehitetyillä kiinteä- ja pyöriväsiipisillä ilma-aluksilla. Mittauksissa käytettävällä laitteistolla pystytään tunnistamaan laskeumassa olevat säteilevät aineet sekä niiden pitoisuus ja maantieteellinen sijainti. Mittaustiedot ovat laskeuman lyhyen ja pitkän aikavälin haitta-arvion perusta.

Säteilyn lentotiedustelun suorituskykyä kuvaa vuonna 1994 Ilmavoimien Learjet-suihkukoneella kartoitettu Tšernobyl-onnettomuudesta Suomeen tullut cesium-laskeuma, joka kartoitettiin 18 lentotunnin aikana.

Toiminnan operatiivisuudella on yllättävissä säteilytilanteissa suuri merkitys; väestöön tai joukkoihin kohdistuva säteilyn vaikutus pitää pystyä arvioimaan nopeasti, jotta vastatoimet voidaan käynnistää oikea-aikaisesti ja mitoittaa oikein.



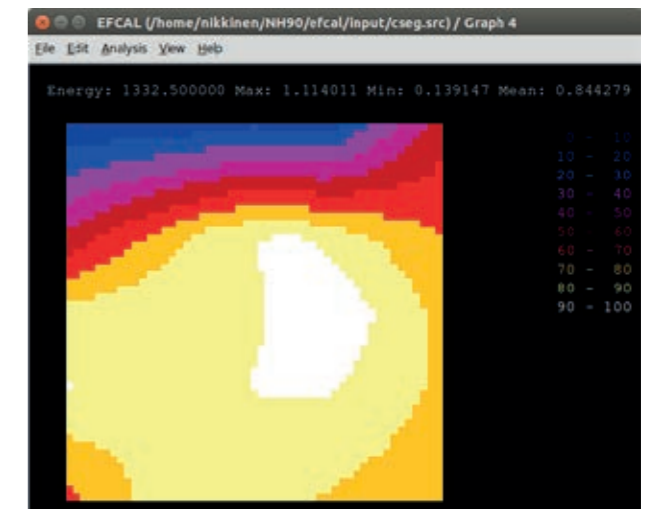
Kuva 1. Tšernobyl-laskeuma eteläisessä Suomessa. Cesium-137-pitoisuus kBq/m<sup>2</sup>-yksikössä. Etäisyys onnettomuusvoimalasta Suomen rajoille on suurempi kuin tuhat kilometriä. (Karttakuva: Tapio Heininen, mittaukset: Markku Kettunen)



Kuva 2. Ydinaseen ilmarajäytyksen aiheuttaman laskeuma Neuvostoliiton ensimmäisellä ydinasekoalueella Kazakstanin Semipalatinskissa. Laskeuma on mitattu Ydinkoekieltojärjestö CTBTO:n (Comprehensive Test Ban Treaty Organization) DE05-harjoituksessa vuonna 2005. Ydinräjäytysten jäljet koalueen maankuoressa ovat "vaikuttavia". (Mittaja: Markku Kettunen)

Semipalatinskissa on myös entinen suljettu Kurtsatovin kaupunki, jossa on vielä olemassa Neuvostoliiton salaisen poliisin pelätyn päällikön Lavrenti Berijan käyttämä talo, jossa hän asui valvoessaan atomipommihanketta. Kaupunki on suunnittelultaan alkujaan hienosti rakennettu huomioiden mm. kulttuuriharrastukset ja urheilumahdollisuudet, mutta nyttemmin se on rapistunut ja "muuttotappioaluetta".

Lentomittausvalmius luotiin 1990-luvun alussa myös silloiselle MI-8-helikopterialustalle pienempien alueiden tarkkaa kartoitusta varten ja mittausta harjoiteltiin mm. maamme ydinvoimaloiden välittömässä läheisyydessä. Suorituskykyisen NH90-helikopterin varustaminen säteilymittauslaitteistolla on vihdoin valmistumassa, ja tärkeät kalibrointimittaukset on suoritettu. Kalibroinnin avulla voidaan määrittää säteilyilmaisimien vaste eri lentokorkeuksilla laskeumalle ja pienellä alueella olevalle säteilylähteelle, esimerkiksi "likaiselle pommi".



Kuva 3. NH90-ilmainten kiinnitysrakenteiden ja rungon vaimennus eri suunnissa. Vaimennus on suurempi takarampin etupuolella, koska helikopterin polttoaine on sijoitettu lattiarakenteisiin. Tämä ei aiheuta merkittävää ongelmaa, koska ilmaisinten kohdalla ja noin 45 asteen kulmassa niistä eteenpäin vaimennus on pieni ja hyvin symmetrinen oikean ja vasemman puolen välillä. (Mallinnuskuvat: Mika Nikkinen, Säteilyturvakeskus)



Kuvat 4 ja 5. NH90-helikopterin kalibrointi käynnissä. Kalibroijien takana helikopterin takarampin päällä ovat kiinnitys rakenteet, joissa ilmaisimet sijaitsevat. Toisessa kuvassa Eija Isolehto on varmistamassa hilan merkintöjä, kun helikopteri on nostettu tunkeilla tavanomaiseen lentoasentoon niin, että ilmaisinten alapinta on yhden metrin korkeudella lattiatasosta. Lattiatasolle on piirretty hilapisteet, joihin kalibrointilähteet sijoitetaan. Kalibrointi suoritettiin HPGe-, NaI-, LaBr<sub>3</sub>- ja CdZnTe-ilmaisimille. Näiden ilmaisinten säteilyä havaitsevan aktiivisen alueen koko on 4000 cm<sup>2</sup>—1 cm<sup>3</sup>. Suuremmat ilmaisimet antavat tehokkuutta pistemäisen lähteen etsimiseen, ja korkeamman resoluution ilmaisimet mahdollistavat ihmiselle vaarallisempien isotooppien tarkan analyysin hyvän erottelukyvyn vuoksi. Suurin osa analyysistä tehdään automaattisesti sitä varten kehitetyillä reaaliaikaisen mittauksen analyysiohjelmistoilla. (Kuvat: Eija Isolehto ja Markku Kettunen)



Koska ilmaisimet on kahdennettu ja niiden välissä on vai-mentava kuparilevy, on säteilyn tulosuunta mahdollista määrittää vertailemalla eri ilmaisimien mittaustulosta. Tähän tarvitaan paikkatiedon lisäksi helikopterin asentotieto, joka on saatavissa erilliseltä asentotietopalvelimelta. Asentotieto on olemassa myös helikopterin järjestelmässä.

NH90-helikopteria varten hankittujen uusien ilmaisimien asennus LJ-suihkukoneeseen on hyvässä vauhdissa ja nou-dattaa LJ-KALUSTON MODIFIKAATIO 2017–2018 ai-kataulua.

Säteilymittauslaitteistoa testattiin ensi kerran onnistuneesti vuonna 2016 miehittämättömällä alustalla Norjan Oslossa Nordic Nuclear Safety Researchin (NKS) järjestämässä yhteispohjoismaisessa NORDUM-harjoituksessa. PVTUTKL:n tulokset olivat hyviä. Raportti löytyy hakutermillä NKS NORDUM. Harjoituksesta saadun kokemuksen perusteella tutkimuslaitokselle hankittiin vuonna 2017 suurempi, kuuden kilogramman kuorman kantava minikopteri, jolla operointiaika on huomattavasti pitempi kuin pienemmällä, edellisvuonna hankitulla minikopterilla. Kuvassa 6 on esitetty harjoituksen mittausalueella S1 paikannettu säteilylähde. Lähteiden säteilijöiden tunnistus onnistui hyvin, ja paikannustarkkuus oli parhaimmillaan muutamia metrejä.

Vuonna 2018 laitteistoa testataan tutkimuslaitoksen uuden minikopterin lisäksi mahdollisuuksien mukaan Maavoimien kiinteäsiipisellä Orbiter II -alustalla. Kiinteäsiipinen alusta suurentaa mittausalueen laajuutta.

Miehittämätöntä alustaa tarvitaan onnettomuudessa va-kavasti tuhoutuneen ydinreaktorin lähialueen laskeuman kartoittamiseen (Fukushiman onnettomuuden kokemukset ja opit) tai kaupunkialueella tapahtuvaan likaisen pommin paikantamiseen, jolloin on tarpeen vähentää lento- tai mit-taushenkilöstön merkittävää säteily- ja vaara-altistusta.

Vuosikymmenten aikana kehitetty radioaktiivisten aineiden lentotiedustelukyky on monipuolinen työkalu, joka eri lentoalustoille asennettuna pystyy tehokkaasti ja kattavasti vastaamaan säteilyuhkatilanteiden tiedusteluun jopa kaukaa Suomen rajojen ulkopuolella, kuten Learjet-suihkukoneella vuonna 2009 Liekki-09-viranomaisharjoituksessa menes-tyksekkäästi osoitettiin Tampereelta Gotlannin itäpuolelle kohdistetulla merellisellä tiedustelulennolla.

Kuva 6. Alue S1. GMLINT-ohjelmalla on mallinnettu säteilypinta (Am-241). Mittauspisteet ovat kuvassa oikealla. Kursori osoittaa aktiivisinta kohtaa, ja aktiivisuusarvo (2025) ja sen koordinaatit ovat luettavissa kuvasta.



#### Kirjoittaja:

Fyysikko Markku Kettunen toimii Puolustusvoimien tutkimuslaitoksessa CBRN-tekniologiain tutkimusosastolla.

# Räjähdeiden ympäristövaikutustutkimuksia Alaskassa

Yhdysvallat on edelläkävijä räjähdealan tutkimuksissa. Saimme ainutlaatuisen mahdollisuuden tutustua CRREL:n (US Army Cold Regions Research and Engineering Laboratory) räjäytystesteihin ja niihin liittyvään näytteenottoon. Testien tukikohtana toimi Anchorage vieressä sijaitseva Joint Base Elmendorf-Richardson (JBER) ja sen harjoitusalue Eagle River. Puolustusvoimien tutkijoiden henkilökohtaiset verkostot ja aiempi kansainvälinen yhteistyö avasivat mahdollisuuden osallistua tutkimuksiin.

Koetoiminnan tavoitteena oli selvittää tiettyjen ampumatarvikkeiden detonaation täydellisyyttä ja räjähteiden ympäristövaikutuksia sekä edelleen ampumatoiminnan mahdollisia haittoja ampuma-alueille.

Tämänvuotinen räjäytyskoetoiminta oli viimeinen, jossa kaikki alan huippututkijat olivat vielä paikalla ennen eläköitymistä. Tämän vuoksi koetoimintaa oli kutsuttu seuraamaan ja opettelemaan meidän lisäksi myös tutkijoita Isosta-Britanniasta.



Valkopäämerikotka seurasi tutkimusta. (Kuva: Timo Kröger)



Eagle Riverin suistoalue. (Kuva: Timo Kröger)

Tutkijat Michael R. Walsh (USA), Marianne Walsh (USA), Guy Ampleman (Kanada) ja Sonia Thiboutot (Kanada) antoivat kattavan koulutuksen räjäytystestien toteutuksesta ja edustavien moniosanäytteiden ottamisesta lumesta.

Koejärjestelyihin osallistui JBER:n EOD-ryhmä, joka huolehti tutkittavista tuotteista, niiden panostuksesta ja räjäytystä sekä työhön liittyvästä turvallisuudesta.

Räjäytykset tehtiin puhtaassa lumessa jääpalikan päällä. Räjäytyksen jälkeen likaantunut alue merkittiin GPS:llä ja luminäytteenotot tehtiin tarkoitukseen kehitetyillä näytteenottokauhoilla (koko 10x10 cm) moniosanäytteenottona. Merkityltä näytealueelta kerättiin kolme rinnakkaisnäytettä, joista jokainen sisälsi noin 100 osanäytettä. Lisäksi näytteenottojen ohessa otettiin useita laadunvarmistusnäytteitä tulosten oikeellisuuden varmistamiseksi.

Luminäytteet sulatettiin ja esikäsiteltiin tukikohdassa ja lähetettiin CRREL-laboratorioon analysoitaviksi.

Tulosten perusteella voidaan laskea tarkasti räjähtämättä jääneiden eri räjähdysaineiden määrät ja samalla räjähdettäviä ympäristöön ja edelleen harjoitustoiminnan ympäristökuormitus. Tuloksista voidaan arvioida myös tutkittavan tuotteen detonaation täydellisyyttä tai tehokkuutta. Tiedon perusteella voidaan arvioida tuotteen toimivuutta ja kehittää tuotetta edelleen paremmaksi.

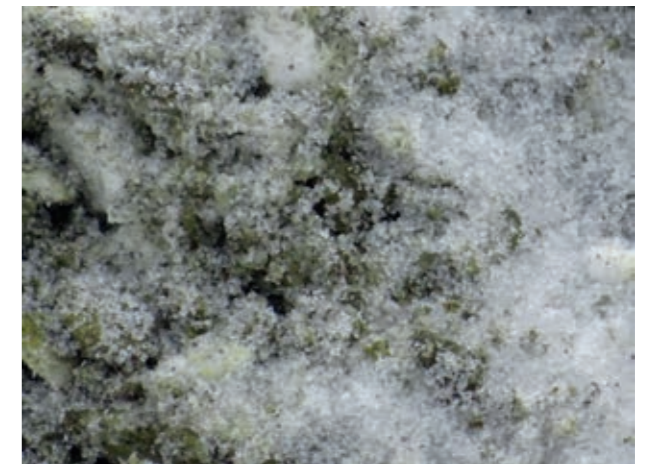
Mielestämme tutustuminen ja osallistuminen käytännön tutkimuksiin oli erittäin hyödyllistä. Saimme hyvän käsityksen, kuinka tällainen tutkimus tulisi toteuttaa ja saimme oppia alan huippututkijoilta. Toivottavasti vastaavanlainen yhteistyö jatkuu tulevaisuudessa. Tutkimustuloksia on julkaistu European Conference of Defence and the Environment -konferenssissa 2017.



Räjätyspaikka näytteenoton jälkeen. (Kuva: Anne-Mari Salomäki)



81 mm:n kranaatti testipaikalla odottamassa nallitusta. (Kuva: Timo Kröger)



Lähikuva räjähdettäviä; kellanvihreä on NTO-räjähdysainetta. (Kuva: Anne-Mari Salomäki)

## Kirjoittajat:

Filosofian maisteri Timo Kröger toimii tutkijana Puolustusvoimien tutkimuslaitoksen räjähd- ja suojelutekniikkaosaston keskuslaboratoriossa. Filosofian maisteri Anne-Mari Salomäki toimii tutkijana Puolustusvoimien tutkimuslaitoksen räjähd- ja suojelutekniikkaosaston keskuslaboratoriossa.

# Räjähdeiden elinjakson aikaisen suorituskyvyn todentaminen kokeellisesti

Puolustusvoimien käyttämien sotilasräjähdeiden hankinta on monivaiheinen prosessi. Hankittavista sotilasräjähdeistä tulee olla yksityiskohtaista dokumentaatiota. Sotilasräjähdeitä ei saa käyttää sotilaallisessa toiminnassa tai sen harjoittelussa, jos sitä ei ole hyväksytty käyttöön. Työtä ei tehdä vain tietokoneen ääressä papereilla olevista tiedoista koostamalla, vaan Puolustusvoimien tutkimuslaitoksen räjähdde- ja suojelutekniikkaosasto tekee sekä räjähdeiden sisältämille räjähdysaineille että kokonaisille räjähdeille tutkimusta niin laboratorio- kuin kenttämittakaavassakin. Koetoinnilla saadaan räjähdeturvallisuuden vaatimuksiin liittyviä lisätietoja, joita ei ole aina muuten saatavilla.

Tässä artikkelissa kuvataan muutamia tutkimusmenetelmiä, joilla selvitetään räjähdysaineen tai räjähdeiden käyttäytymistä elinjaksofilin mukaisessa tilanteessa, kuten kuljetuksessa, kenttä- ja pitkäaikaisvarastoinnissa tai operatiivisessa käytössä. Koetulosten perusteella voidaan todentaa soveltuvuus aiottuun käyttöön ja määritellä erilaisia turvallisuutta takaavia toimintamalleja, kuten ruutien kunnonvalvontaväli, varoalu- een laajuus tai varastointitiheys.

## Ruudin stabilisaattoripitoisuus

Ruutien kunnonvalvonnassa seurataan ruutien kuntoa ja varastoinnin aikaisia muutoksia. Kunnonvalvonnan piirissä ovat kaikki irtoruudit sekä ruutia sisältävät laukaukset ja patruunat, joiden kaliiberi on  $\geq 20$  mm.

Ruudissa käytettävät energeettiset aineet (esimerkiksi nitroselluloosa ja nitroglyseroli) ovat kemiallisesti epästabiileja yhdisteitä, joten niillä on luonnostaan taipumus hajota muiksi yhdisteiksi. Hajoamisreaktiot tuottavat lämpöä ja ovat autokatalyyttisiä eli itsestään kiihtyviä reaktioita. Tällaista spontaania hajoamista pyritään hidastamaan lisäämällä ruutiin stabilisaattoreita.

Ruutien kunnonvalvonnan perustana on seurata ruudin pääkomponentin, nitroselluloosan, hajoamista välillisesti siten, että mitataan siihen lisätyn stabilisaattorin kulumaa. Valmistuksen yhteydessä määritetään stabilisaattorin lähtöarvo, joka on vertailun perustana. Tähän lähtöarvoon vertaillen stabiliteetin tilaa seurataan tietyn väliajoin ruudin koko elinjakson ajan valmistuksesta aina hävittämiseen asti. Stabilisaattoripi-

toisuuden määrittäminen tehdään kromatografisesti nestekromatografialaitteistolla. Ruutieräkohtainen valvontaväli voidaan määrittää stabilisaattorin vähimmäispitoisuuden perusteella tai mitata stabilisaattoripitoisuuden alenema keinotekoisien lämpörasituksen jälkeen. Maksimipituus ruutierän valvontavälille on 10 vuotta 25 °C:n varastointiolosuhteissa.



Ruutinäyte valmiina stabilisaattoripitoisuusmäärityksen esikäsittelyä varten. (Kuva: Tiina Runsas)

## Räjähdyksen välittymistesti

Räjähdyksen välittymistesti (SR = Sympathetic Reaction) on yksi epäherkille räjähteille tehtävistä IM-testeistä (Insensitive Munition), jolla määritetään reaktiovastetta erilaisiin ulkoisiin uhkiin vastaan. SR-testin tarkoituksena on selvittää sellainen räjähteiden välinen etäisyys, jossa räjähtävän tuotteen de-tonaatio ei välittyisi viereiseen vastaavaan tuotteeneseen. Testin tulosten perusteella voidaan arvioida räjähteiden turvallista varastointi- ja kuljetustiheyttä.

Välittymistestien tuloksia verrataan ensimmäisenä suoritettavan referenssiräjähdeiden räjäyttämisen mittaustuloksiin, joita ovat muun muassa maakraaterin mitat, ympäristöön välittynyt paine, tärinä, sirpaleet ja muut heitteet sekä mahdollisten todistelevien vaurioiden. Kokeet kuvataan sekä suurnopeuskameralla että videokameralla, jotta sekä nopeat ilmiöt että kokonaiskuva testistä saadaan dokumentoitua. Isokokoisten paljon räjähdysainetta sisältävien räjähteiden välittymistestejä on tehty Kittilän Hukkakerossa.



PM16-merimiinan välittymistestin valmistelua — räjäytettävää miinaa nallitetaan koetta varten PVTUTKL:n räjähteiden käytöstä vastaavan johtajan valvonnassa. (Kuva: Marja-Leena Karisaari)



Teräslevyn tulleita sirpaleiskemiä. (Kuva: Marita Lehtonen)

## Sirpalevaikutus

Varomääräyksissä kuvataan räjähdeiden käyttöturvallisuuteen liittyviä asioita. Varomääräyksen laatijan tulee ymmärtää räjähteiden käyttäytyminen niin suunnitellussa kuin ennakoimattomassakin tilanteessa. Monen räjähdeiden tuho vaikutus perustuu kuoren sirpaleiden leviämiseen ja osumiseen elollisiin tai elottomiin maaleihin. Sirpalevaikutusta voidaan arvioida teoreettisilla laskentamalleilla, jotka antavat karkeaa tietoa esimerkiksi sirpaleiden määrästä, keskimääräisestä koosta ja lähtönopeuksista. Teoreettiset laskentamallit perustuvat useisiin oletuksiin ja yleistyksiin, joten tarkempaa tietoa saadaan kokeellisilla räjäytyksillä ja niistä saatavilla mittaustuloksilla. Sirpaleiden läpäisykykyä voidaan tutkia muun muassa asettamalla tuotteen ympärille eripaksuisia teräslevyjä tarkasti määritetyille etäisyyksille. Levyn iskemien analysoiminen antaa todellisen kuvan sirpale-energioista ja läpäisymekaniikasta. Suurnopeuskuvat mahdollistavat sirpaleiden lentoratojen seuraamisen. Lisäksi sirpaleiden lentonopeuksiin päästään kiinni suurnopeuskuvien tarkkuuden ansiosta. Sirpaleen etenemistä voidaan seurata, jolloin tietty aika ja tietty matka määräävät sirpaleelle nopeuden.





Räjähdyssainenäyte ladattuna teräksiseen näyteputkeen SCO-testiin.  
(Kuva: Marja-Leena Karisaari)



Näyteputki tykkiruutinäytteelle tehdyn SCO-testin jälkeen.  
(Kuva: Marja-Leena Karisaari)

### Putkitestit

Putkitestillä määritetään kiinteiden energettisten aineiden reaktiotasoa, kun näytettä kuumennetaan hitaasti (SCO = Slow Cook Off). Testin tarkoituksena on kuvastaa esimerkiksi viereisen varastopalon aiheuttamaa ulkoista uhkaa.

Tutkittava räjähdysaine ladataan tiiviisti suljettavaan teräksiseen näyteputkeen. Sulavalettavat näytteet voidaan valaa suoraan putkiin, ja rakeiset tai jyvämäiset näytteet sekä puristeet täytetään mahdollisimman tiiviisti. Näyteputken ympärille asetetaan lämpövastus ja termolangat rekisteröimään lämpötilaa testin aikana. Lämpövastuksen säätimelle ohjelmoidaan lämpötilaohjelma, jossa lämpötila nostetaan nopeasti noin 50 °C alemmaksi kuin oletettu reaktiolämpötila on, annetaan näytteen tasoittua tähän lämpötilaan tietty aika ja lopuksi nostetaan lämpötilaa hitaasti 3,3 °C/min, kunnes

näyte reagoi. Syttymislämpötilan arvioinnissa hyödynnetään laboratoriomittakaavan kalorimetrisilla menetelmillä saatuja reaktiolämpötiloja, jolloin testin aikatauluttaminen helpottuu. Testi suoritetaan lämpöeristeellä varustetussa uunirakennelmassa, josta vastus- ja termolangat johdetaan mittalaitteisiin. Kokeiden etenemistä seurataan tallentavan videokameran ja lämpötilarekisteröinnin avulla.

SCO-testin tulokset tulkitaan testiputken vaurioitumisasteen, tutkittavan aineen reaktion ja reaktiolämpötilan mukaan. Reaktiovasteena voi olla esimerkiksi palaminen, osittainen räjähdys tai eriasteinen detonaatio. Erittäin epäherkät räjähteet voivat kemiallisesti hajota tai syttyä palamaan siten, että testiputki repeää paineen nousun seurauksena, mutta fragmentteja ei muodostu. Huokoisruudit voivat reagoida vajaaräjähdyksellä, jolloin testiputki hajoaa alle 10 kappaleeksi. Täydellinen detonaatio hajottaa putken yli 100 kappaleeksi.

#### Kirjoittajat:

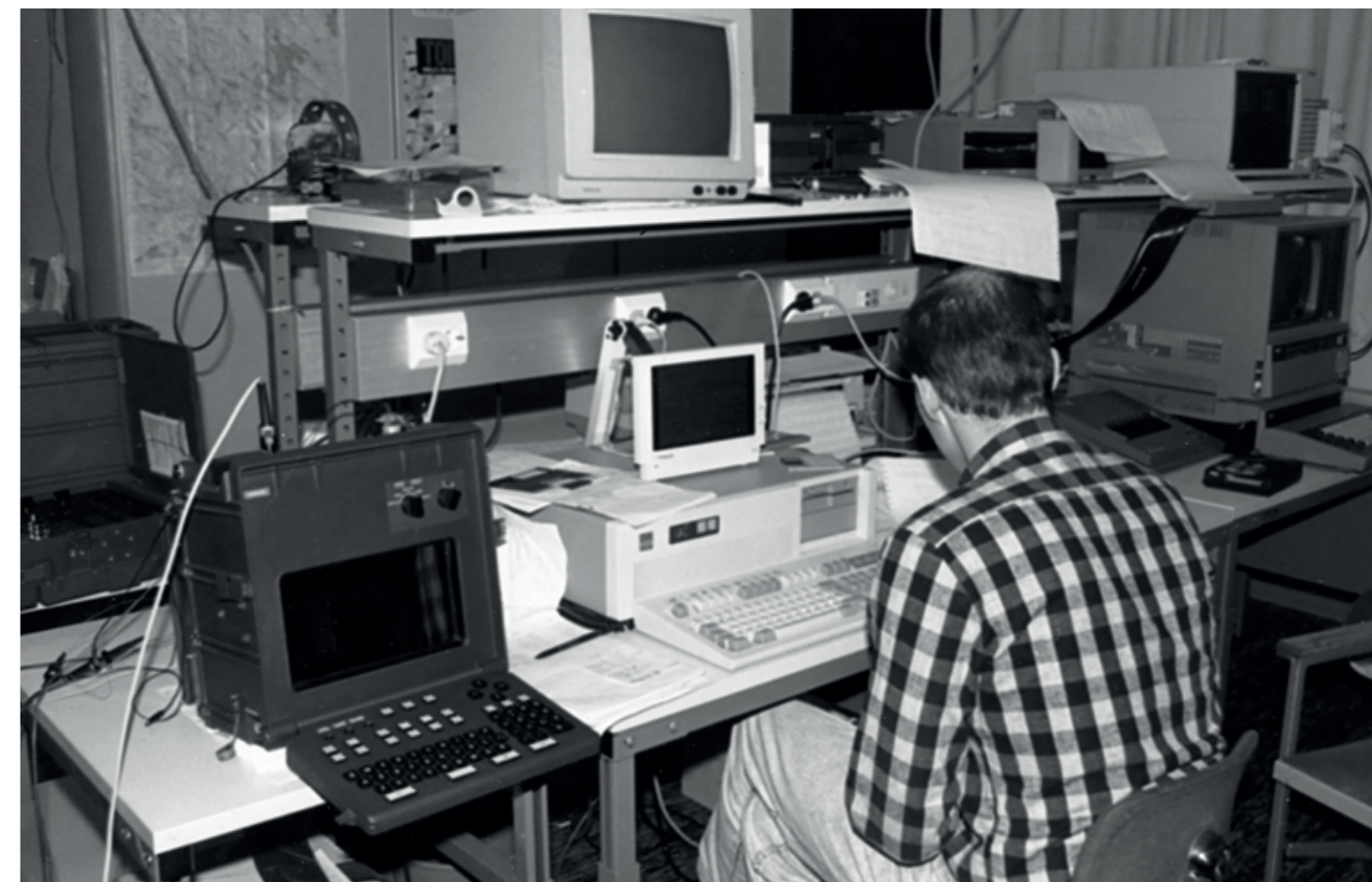
Tekniikan tohtori Eva-Maija Turpeinen toimii erikoistutkijana Puolustusvoimien tutkimuslaitoksen räjähd- ja suojelutekniikkaosastossa energettisten teknologioiden tutkimusalalla.  
Filosofian maisteri Tiina Runsas toimii tutkijana Puolustusvoimien tutkimuslaitoksen räjähd- ja suojelutekniikkaosastossa energettisten teknologioiden tutkimusalalla.

## Tietotekniikkatutkimus osana maapuolustuksen tietojärjestelmien kehittämistä

Nykyistä Puolustusvoimien tutkimuslaitoksen informaatiotekniikkaosastoa edeltäneessä Sähkötekniikassa tutkimuslaitoksessa oli pitkä kokemus eri puolustushaarojen tarvitsemien laitteistojen ja ohjelmistojen kehittämisessä. Sähkötekniikallisen tutkimuslaitoksen kehitystyön tärkeimpiä sovelluskohteita olivat ilmapuolustus, meripuolustus, vesikuuntelu, radiohäirintä ja maapuolustuksen johtaminen. Tuolloin Maavoimat eivät vielä olleet erillinen puolustushaara, sillä Maavoimien esikunta perustettiin vasta vuoden 2008 organisaatiouudistuksessa. Laitteistopuolella oli tehty erilaisia prototyyppiä, yksittäisiä laitteita ja joskus jopa pienimuotoisia sarjoja. Ohjelmistojen kehittäminen oli myös monipuolista, ja tehdyt ohjelmistot olivat monesti varsin laajoja.

Sähkötekniikassa tutkimuslaitoksessa kehitettiin kenttätyökistölle tykkien suuntaamiseen tarvittavien ampuma-arvojen laskentaan laitteisto, jota kutsuttiin tykistöläskimeksi. Tykistöläskimeen kehitettiin sekä laitteiston prototyyppi että sen tarvitsema ohjelmisto. Varsinainen laitteisto tilattiin teollisuudelta, ja Nokia teki sen osittain keskussanomalaitteen pohjalta. Järjestelmä koostui useammasta erillisestä laitteesta. Tykistöläskimessä oli liityntä sanomalaitteeseen ja tykkipäätteisiin. Liityntä mahdollisti tulenjohtajan kirjoittaman tulikomennon lähettämisen sanomalaitteelta tykistöläskimelle. Tykistöläskimessä tulikomennosta voitiin laskea tykkien suuntausarvot. Lopuksi suuntausarvot voitiin lähettää tykkipäätteille sähköisesti. Tykkipäätteellä tykin suuntausarvot

Suunnitteluinsinööri Risto Liukkonen Sähkötekniikassa tutkimuslaitoksessa tykistöläskimen kehitystyössä 1980-luvulla.  
(Kuva: Puolustusvoimien tutkimuslaitoksen kuva-arkisto)



näytettiin numeronäytöllä, mutta myös puhuva tykkipäätettä kehoitettiin. Puhuva tykkipäätettä ei kuitenkaan osoittautunut hyväksi ratkaisuksi, joten siitä toteutettiin vain prototyyppi. Tykistölaskin oli aikanaan varsin edistyksellinen, sillä siihen aikaan markkinoilla olleet laitteet olivat usein taskulaskimen pohjalle rakennettuja ampuma-arvojen laskimia, joissa viestintä tapahtui puheella. Myöhemmin järjestelmästä kehitettiin laitteisto myös kranaatinheitinlaitteelle.

Kenttätykistölle kehitettiin myös KT-Johla-ohjelmisto, joka oli ensimmäinen Maavoimien käytössä ollut karttapohjainen johtamisohjelmisto. Ilmavalvonnassa karttapohjaa oli käytetty jo pitkään, mutta siellä laitteet olivat isoja ja kiinteästi valvontalaitteisiin asennettuja. KT-Johlat olivat tykistöryhmien komentopaikkojen käytössä, ja niillä pidettiin yllä tilannekuvaa sekä johdettiin tykistöryhmän ampumatoimintaa. Tulikomennot lähetettiin tykistöryhmälle, joka tulkitsi ne ja piirsi maalin karttapohjalle. Kartalla näkyivät myös tuliyksiköiden sijainnit ja niiden ampumasektorit. Karttakuvan ja tuliyksiköiden ampumatarviketilanteen mukaan käyttäjä valitsi toteuttavat tuliyksiköt, joiden tykistölaskimille tulikomennot välitettiin. Aluksi KT-Johla toimi VAX/VMS-työasemissa, mutta Windows NT käyttöjärjestelmän tuloa myötä siirryttiin PC-laitteisiin. Myöhemmin KT-Johlan pohjalta kehitettiin Johla08-ohjelmisto Maavoimien yleiseksi, organisaation eri tasoilla käytettäväksi johtamisohjelmistoksi.

Puolustusvoimien tutkimuslaitoksessa on jatkettu vanhojen mutta vielä käytössä olevien Maavoimien johtamiseen liittyvien ohjelmistojen ylläpitoa. Ylläpidon ohessa on karttapohjaista Johla08-ohjelmistoa käytetty alustana, jonka päälle on tehty demonstraatioita seuraavan sukupolven järjestelmän ominaisuuksista. Demonstraatioiden avulla voidaan helpottaa seuraavan sukupolven ohjelmistojen määrittelyä. Määrittely on tunnetusti erittäin vaikeaa, ja siksi hankalien asioiden kokeileminen ennalta auttaa merkittävästi määrittelyn onnistumisessa.

Eräs demonstroitava sovellusalue on ollut epäsuoran tulen käyttö ja erityisesti tulenjohto. Tämä on ollut luonteva valinta, sillä tykistölaskimen ja KT-Johlan kehittämisen myötä tykistön toiminta on ollut tutkijoille tuttua. Tässä yhteydessä kehitetty tulikommentotyökalu sisältää dialogin, jolla tulenjohtaja voi rakentaa tulikomennon käyttäen apunaan sensoreilta saatua paikkatietoa. Työkalu varmistaa, että muodostettu tulikommentosanoma on muodoltaan oikein ja tulkittavissa ammunnan suorittavassa tuliportaassa. Se näyttää myös tulokinnan kartalla, joten tulenjohtaja voi tarkastaa, että maali on mitattu oikeaan paikkaan ja että koordinaatit ovat oikein.



Suunnitteluinsinööri Jarkko Karinen Sähköteknillisessä tutkimuslaitoksessa kranaatinheitinlaskimen kehitystyössä 1990-luvulla. (Kuva: Puolustusvoimien tutkimuslaitoksen kuva-arkisto)

Lisäksi nähdään varmuusetäisyys eli se, miten kaukana ammuttavasta maalista tietyllä riskitasolla on oltava.

Demonstraatioissa on kokeiltu myös uutta sanomaformaattia ja johtamisjärjestelmän ohjaamista puheella. Puheohjauksessa on demonstroitu sekä johtamisjärjestelmän ohjaamista sanoilla että ohjaussanojen tuottamista puheentunnistuksen avulla. Puhetta on alettu käyttää erilaisten arkipäiväisten laitteiden ohjaamisessa, mutta tämä kokeilu antaa lisätietoa sen toimivuudesta taistelukentällä. Näin tavallaan ympyrä sulkeutuu, sillä tykistölaskimessa puhuvalla tykkipäätteellä yritettiin ohjata tykkiä suuntaavan ihmisen toimintaa ja nyt tulikommentotyökalussa ihminen yrittää ohjata puheella tulenjohtopäätettä. Puheohjauksen algoritmien ja ohjelmiston kehittämisessä on käytetty merkittävässä määrin apuna varusmiestutkijoita.

Tutkijoiden aika menee entistä enemmän hallinnollisten tehtävien hoitamiseen, minkä vuoksi laitteiden ja ohjelmien tekeminen ei ole enää mahdollista. Tämä on vahinko, sillä myös itse tekemällä saadusta tekniikan tuntemuksesta olisi merkittävää hyötyä hankittaessa laitteita ja järjestelmiä Puolustusvoimien ulkopuolelta. Erilaisten ohjelmistodemonstraattoreiden tekeminen onnistuu nykyisin varusmiesvoimin. Tätä mahdollisuutta kannattaa käyttää paitsi varsinaisessa tutkimustyössä myös erilaisten hankintojen määrittelytyön tukemisessa. Myös ostetuissa järjestelmissä saatetaan tarvita räätälöintiä, jonka tekemiseen varusmiehiä voitaisiin kouluttaa. Samalla varusmiesten ohjaajille kertyy ohjelmistotekniikan käytännön osaamista ja varusmiehistä



Varusmiestutkijat Janne Levijoki ja Matias Ijäs ohjelmistojen kehitystyössä. (Kuva: Niko Savola)

kehittyä Puolustusvoimien järjestelmiä hyvin tunteva reservi. Puolustusvoimien tutkimuslaitoksessa saadut kokemukset erityistehtävissä palvelevista varusmiestutkijoiden käytöstä ovat erittäin hyviä. He ovat osaavia ja hyvin motivoituneita, ja työn tulokset ovat poikkeuksetta erittäin hyödyllisiä.

Ohjelmistojen itse tekemisessä on monia etuja. Etua saavutetaan jo määrittelyvaiheessa, koska kokenut ohjelmistosuunnittelija tuntee asiakkaan tarpeet jo ennestään. Käytännössä määrittelytyötä voidaan tehdä hyvin joustavasti puhelimen ja sähköpostin avulla ilman raskaita kokouksia ja määrittelydokumentteja. Kun tilaaja ja ohjelmistotoimittaja ovat samaa organisaatiota, ei tarvita monimutkaisia kaupallisia sopimuksia ja muita järjestelyjä. Puolustusvoimien ulkopuolelta hankittaessa toimittaja pääsee käytännössä monopoliasemaan, jolloin vain kyseinen toimittaja kykenee tekemään tarvittavia päivityksiä. Tämän ongelman vähentämiseksi ohjelmisto voidaan jakaa pienempiin erikseen kilpailutettaviin osiin, mikä puolestaan lisää kokonaisuuden hallinnan vaikeutta.

Puolustusvoimien tietotekniikkahankinnoissa on kuljettu pitkä tie itse tekemisestä kohti ulkopuolelta ostamista ja

kaupallisten tuotteiden käyttöä. Tähän suuntaan on menty monta askelta, ja aika näyttää, onko jo pysähdyttävä ja kenties otettava jopa askelia takaisinpäin. Tämä tarkoittaisi käytännössä hankittavien ohjelmistojen ominaisuuksien demonstrointia tai ostettujen järjestelmien räätälöintiä, mutta pääasiassa varusmiesten ja monipuolisesti reserviläisten tekemistä. Myös Puolustusvoimien tutkimuslaitoksen tulevaisuuden rooli käytännönläheisen ja suoraan hankintoja tukevan tutkimuksen tekijänä, tieteellisen tutkimuksen lisäksi, on mietinnän arvoinen asia.

#### Kirjoittajat:

Diplomi-insinööri Kari Mäenalusta toimii vanhempana tutkijana Puolustusvoimien tutkimuslaitoksen informaatiotekniikkaosastossa johtamisjärjestelmien tutkimusalalla. Insinööri Jarkko Karinen toimii tutkimusinsinöörinä Puolustusvoimien tutkimuslaitoksen informaatiotekniikkaosastossa johtamisjärjestelmien tutkimusalalla.

# RuNet 2020



Grafiikka: Niko Savola

**Tietoverkkosodankäynti ilmiönä -tutkimuslinjalla on seurattu ja tutkittu aktiivisesti venäläisiä kyber/informaatio- toimintaympäristön tapahtumia ja ilmentymiä, pohdittu käsitteistön ja ajattelutavan erilaisuutta sekä analysoitu venäläisten kyber/informaatio- toimintojen kehittymistä strategiselta tasolta tekniselle tasolle. Viime vuoden aikana kyseinen poikkitieteellinen tutkimusryhmä on julkaissut yhdeksän tieteellistä artikkelia sekä työstänyt tutkimustuloksistaan artikkelikokoelman.**

Tutkimuksen keskiössä on ollut Venäjän tavoite saavuttaa digitaalinen suvereniteetti. Tässä artikkelissa kuvataan venäläisen digitaalisen suvereniteettiajattelun taustaa ja pohditaan eroavaisuuksia ns. länsimaalaiseen ajatteluun. Suljettu venäläinen riippumaton verkko on uusi ja koko ajan kehittyvä konsepti, joka koostuu hyvin erilaisista osista, joiden monimutkaisuutta ja yhteisvaikutuksia olemme lähestyneet monialaisesti eri näkökulmista. Aikaisempaa tutkimusta digitaalisesta suvereniteetistä ja suljetusta kansallisesta verkosta ei juuri ole, koska näitä on läntisessä ajattelussa pidetty jarruttamattomana toteuttavaa – pelkkänä propagandana.

## Digitaalinen suvereniteetti

Kesällä 2016 Venäjän viestintäministeriö ilmoitti tavoitteekseen luoda vuoteen 2020 mennessä kansallisen riippumattoman internetin – RuNet (sanoista *Russian Internet*). Venäjän viestintäministeriön mukaan internetin venäläinen

osa irrotetaan globaalista verkosta venäläisen ”kriittisen infrastruktuurin suojaamiseksi”.

Tämä pyrkimys on hyvin erilainen kuin maailmanlaajuinen tavoite luoda ”avoin ja turvallinen” sekä luottamukseen perustuva internet. Läntisessä ajattelussa keskitytään turvaamaan tiedon ja datan vapaa liikkuvuus, joka perustuu avoimeen globaaliin verkkoon. Tässä kybertilassa perinteinen valtiollinen suvereniteetti on lähes mahdoton ajatus. Avoin internet perustuu laajalla kansainvälisellä yhteistyöllä saavutettavaan avoimeen kybertilaan, jossa toimijoiden turvallisuudesta huolehtii jokainen itse suojaamalla omat järjestelmänsä. Venäjällä asia nähdään lähes päinvastoin – digitaalinen suvereniteetti on mahdollista saavuttaa, ja suljettu riippumaton verkko on tavoiteltava, joka takaa kansallisen turvallisuuden. Venäläisen ajattelutavan mukaan kyber/informaatio-tilaa hallitsevat ”muut maat”, jotka tähtäävät Venäjän kansallisen turvallisuuden horjuttamiseen. Kun käsittelemme venäläistä ajattelua, käytämme suomeksi yhdistelmää ”kyber/informaatio”.

## Kyber/informaatio

Ajattelutapojen erilaisuutta voi hahmottaa käsitteellisten erojen kautta. Monien tutkijoiden mukaan Venäjä-yhteydessä ei pitäisi puhua ”kyberistä” lainkaan. Virallisissa venäjänkielissä asiakirjoissa ei juurikaan mainita sanaa ”kyber”, vaan se korvataan etuliitteellä ”informaatio-”. Kyberturvallisuus ei

ole synonyymi informaatioturvallisuudelle, mutta venäläinen informaatioturvallisuuden käsite pitää sisällään myös kyberturvallisuuden. Läntisen ajattelutavan mukaan ”kyberpuolustus” on ensisijaisesti teknistä puolustautumisesta teknisiä uhkia vastaan. Venäläisen ajattelutavan mukaan informaatio on sekä ase, jolla vaikutetaan, että kohde, jota puolustetaan. Venäjä toimii ”informaatiotilassa” (*informatsionnoe prostranstvo*) tai ”informaatioympäristössä” (*informatsionnaja sfera*), jossa sillä on sekä teknistä että tiedollista hyökkäys- ja puolustuskapasiteettia. Väitämme, että venäläisen ajattelutavan ja toiminnan analysointi läntisten käsitteiden kautta estää meitä ymmärtämästä, kuinka voimakas Venäjän pyrkimys on digitaaliseen suvereniteettiin, ja näkemästä, kuinka paljon Venäjä haluaa haastaa USA-veroisen maailmanjärjestyksen.

## Venäjänkielinen internet

RuNet terminä ei ole uusi. Sitä on käytetty lähes kaikesta, mikä tapahtuu internetissä venäjän kielellä ja mikä linkittyy jotenkin venäläiseen kulttuuriin riippumatta fyysisestä sijainnista. RuNet on alkuperäiseltä merkitykseltään suhteellisen suljettu ja vapaasti kehittynyt venäjän kieleen perustuva kyber/informaatio-tila, joka on kehittynyt kyrillisillä kirjaimilla palveluja tuottavana vaihtoehtona hallitsevan englanninkielisen internetin rinnalle. RuNetin tavoite on ylläpitää venäläisiä kulttuurisia ja hengellisiä arvoja ja korostaa ”venäläistä tapaa” tehdä asioita. Jo RuNetin alkuperäisessä ideassa tiivistyy tietynlainen itsenäisyys ja riippumattomuus ”läntisestä” maailmasta. Viime vuosien aikana tämän vaihtohtoisen kyber/informaatio-tilan kontrollia on alettu kiristää. RuNetista on alkanut kehittyä vallankäytön väline, eräänlainen informaatiovaikutusalue, jonka kautta saa ”oikeaa ja turvallista tietoa” venäjäksi. Toisin sanoen RuNet ilmiönä on alkanut muuttua vaihtohtoisen sosiaalisesta tilasta valtiojohtoiseen ”suljettuun ja turvalliseen” kyber/informaatio-tilaan, joka edistää digitaalista suvereniteettia ja mahdollistaa sen.

## Sulkemisprosessin eteneminen ja vaikutukset

Venäjä on aloittanut kansallisen verkon sulkemisprosessin ja toteuttanut monenlaisia toimenpiteitä digitaalisen suvereniteetin saavuttamiseksi lainsäädännössä, kansallisten ohjelmistojen kehityksessä ja käyttöönotossa sekä uusien liittolaisten hankinnassa. Teknisesti tavoite on yksinkertaistetusti pakottaa omien verkkojen reititys Venäjän alueelle ja säilyttää toimintakyky globaalin internetin ulkopuolella. Sulkemisprosessi on mahdollista toteuttaa olemassa olevien protokollien ja tekniikan avulla suhteellisen nopeasti ja verrattain pienin kustannuksin. Kansallinen tahtotila verkon sulkemiselle on olemassa, ja se on esitetty mm. Kansallisen turvallisuuden strategiassa (2015), Informaatioturvallisuuskäytännössä (2016), Informaatioyhteiskunnan kehitysstrategiassa (2017) ja Digitaalinen talous -valtio-ohjelmassa (2017).

Tutkimustemme perusteella näyttää siltä, että tämä tarkoittaa isoa muutosta kyber/informaatio- toimintaympäristössä myös sotilaallisesta näkökulmasta. Kyber/informaatio- toimintaympäristön rakenteellinen muokkaaminen tulee vaikuttamaan kaikkien osapuolten toiminnanvapauteen, mikä voi johtaa sotilaalliseen epätasapainoon verkkonsa sulkevan valtion eduksi. Muodostuvaa epätasapainoa ei ole havaittu aikaisemmassa tutkimuksessa. Kyseiseen epätasapainoon vastaaminen vaatii laaja-alaista, monitieteellistä tutkimusta teknisestä strategisesta ja poliittisesta tasolta ilmiön vaikutusten ja sen taustalla olevien toimien ymmärtämiseksi.

### Kirjoittajat:

Insinööriyliluutnantti, FT Juha-Pekka Nikkarila toimii tutkijana Puolustusvoimien tutkimuslaitoksen informaatiotekniikkaosastossa tietoverkkosodankäynnin tutkimusalalla.

FT Mari Ristolainen toimii tutkijana Puolustusvoimien tutkimuslaitoksen informaatiotekniikkaosastossa tietoverkkosodankäynnin tutkimusalalla.

Kapteeni, VTM Juha Kukkola toimii tutkijajoukossa Maanpuolustuskorkeakoulun sotataidon laitoksella.

# Miehittämättömien ilma-alusten hyödyntäminen tutkimustoiminnassa

Miehittämättömät ilma-alukset ovat tulleet yhä näkyvämpään rooliin jokapäiväisessä elämässämme. Kevyitä ja helpposti käyttöön otettavia multikoptereita voi ostaa isompien tavaratalojen leluosastolta tai erikoismyymälöiden hyllyltä. Multikoptereilla tuotettua kuva- ja videoainestoa on myös nähtävissä uutisissa ja television viihdeohjelmissa. Kehityksen myötä ilma-alusten sovellukset kasvavat muun muassa tavaroiden kuljetuksessa.

Puolustusvoimien tutkimuslaitoksen asetekniikkaosaston mittauspalveluiden laboratorio hankki ensimmäisen multikopterinsa kesällä 2015. DJI Phantom 3 Pro -multikopterilla haluttiin hankkia kokemusta lennätyksestä, tarkastella lintuperspektiivin tuomia uusia tutkimusmahdollisuuksia (kuva 1) ja selvittää Puolustusvoimien käytäntö miehittämättömien ilma-alusten käyttöön otossa. Phantom 3 Pro on kuluttajamarkkinoille suunnattu ilmakuvaukseen tarkoitettu multikopteri, jonka käyttöönotto tai lennätys ei edellytä pitkää koulutusta. Kopteri on varustettu 4k-laatuista videota kuvaavalla kameralla.

Multikopterille ilmaantui nopeasti monia sovelluskohteita tutkimuksen tukena ilmakuvauksista erilaisten hyötykuormien kuljetukseen. Keväällä 2016 aloitettiin hankinta toisesta multikopterista DJI Inspire 1 (kuva 2), joka on ensimmäistä kopteria suurempi ja teknisesti edistyneempi versio. Inspire 1 -kopterissa voidaan myös vaihtaa kameramoduulia näkyvän alueen kameran ja termisen infrapuna-alueen kameran välillä. Kopteriin hankittu lämpökamera tallentaa videota sensorin todellisella kuvausnopeudella 30 Hz, toisin kuin kuluttajamarkkinoille myytävät peräkkäisiä kuvia keskiarvoistavat lämpökameramoduulit (kuva 3).

Teknisesti DJI-kopterit voidaan nostaa valmistajan asettamalle ohjelmistolliselle maksimikorkeudelle 500 metriin ja lennättää hyvissä olosuhteissa usean kilometrin päähän ohjaajasta. Lainsäädännöllisesti kopterien lennätys Suomessa on rajoitettu maksimissaan 150 metrin korkeuteen ja lennätys saa tapahtua vain näköyhteyden päässä lentäjästä. Lainsäädännöllisistä rajoista saadaan poiketa vain varaamalla ilmatila lennätystyötä varten. Ilmatila voidaan varata esimerkiksi suurempien harjoitusten yhteydessä.



Kuva 1. DJI Phantom 3 Pro -multikopterilla otettu ilmakuva. (Kuva: Petri Wallgrén)



Kuva 2. DJI Phantom 3 Pro- ja Inspire 1 -multikopterit lennätyskunnossa. (Kuva: Petri Wallgrén)



Kuva 3. Lämpökuvaa parkkipaikalla liikkuvasta kauhakuormaajasta, jonka kulkureitti näkyy renkaiden jättäminä taustaa lämpöisempinä uurteina. (Kuva: Petri Wallgrén)

Tällä hetkellä aktiivisesti käytössä olevien DJI-multikoptereiden lisäksi mittauspalvelut on ottanut käyttöön yhteistyössä räjähdde- ja suojelutekniikkaosaston CBRN-teknologioiden tutkimusalan kanssa Threod-merkkisiä multikoptereita. Threod-koptereihin on mahdollista kiinnittää kameran lisäksi myös muita tutkimuslaitteita hyötykuormaksi. Threodin pienempi kopteri KY-6 kykenee kuljettamaan noin 2 kg:n hyötykuormaa ja suurempi KX4-LE noin 6 kg:n hyötykuormaa (kuva 4). Threod-koptereilla on tehty ensimmäiset koe-lennätykset. Aktiiviseen tutkimuskäyttöön Threod-kopterit saadaan vuoden 2018 aikana.

Lennätystoiminta Puolustusvoimissa edellyttää Sotilasilmailun viranomaisyksikön hyväksynnän toiminnalle. Hyväksyntää varten lennätysten turvallisuuteen on perehdytty ja toiminnan pohjaksi on laadittu lennätystoimintakäsikirja. Kevyemmällä DJI-koptereilla lennätystoiminta on sallivampaa. Threod-koptereilla toimintaa on rajoitettu esim. väkijoukon päällä lentämisen osalta.

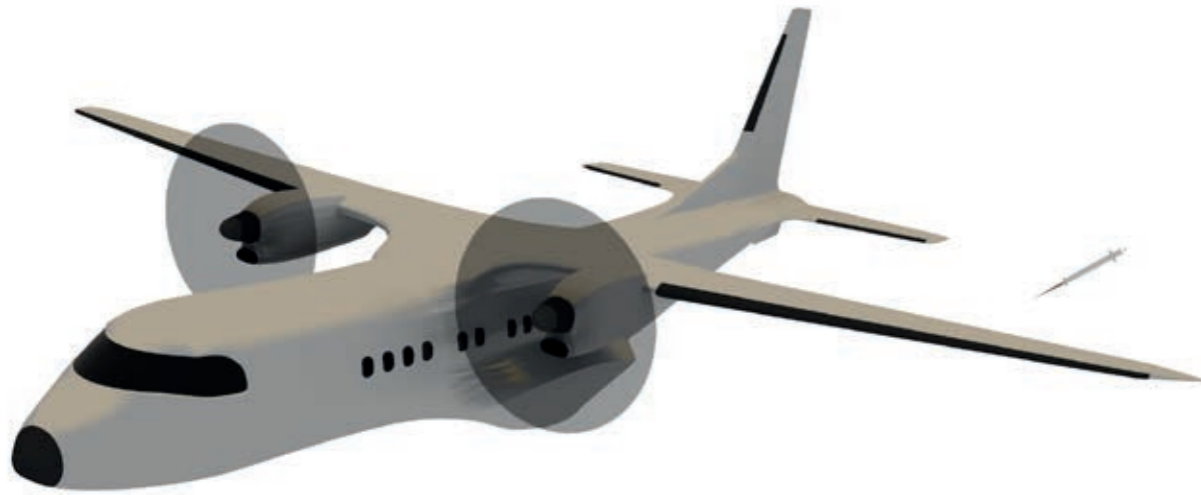


Kuva 4. 10 kg:n painoinen Threod KX4-LE -multikopteri lentoonlähetykunnossa. (Kuva: Petri Wallgrén)

## Kirjoittaja:

Tekniikan tohtori Tapio Sorvajärvi toimii laboratorion johtajan sijaisena Puolustusvoimien tutkimuslaitoksen asetekniikkaosastossa mittauspalveluiden laboratoriossa.

# Simulointi ja mallinnus elektro-optisen omasuojatutkimuksen tukena



Lämpöhakuinen ohjus on kavala vastus mille tahansa lavetille, sillä se hakeutuu kohteeseensa täysin passiivisesti. Ohjaajan tarkkaavaisuuden lisäksi lähestyvä uhka voidaan havaita ohjusvaroittimella, mutta reaktioaika jää joka tapauksessa lyhyeksi – ohjus on perillä muutamassa sekunnissa. Hyvin toteutetuilla vastatoimilla lavetin selviytymiskykyä voidaan kuitenkin olennaisesti parantaa.

Ohjus hakeutuu herätteeseen, joka vastaa parhaiten siihen ohjelmoitua maalin mallia. Ensimmäisen sukupolven lämpöhakuiset ohjukset ohjautuvat nimensä mukaisesti kohti näkökenttensä kuuminta pistettä, jolloin niiden harhauttaminen on melko suoraviivaista. Sen sijaan uudemmat versiot käyttävät lukuisia eri menetelmiä erottaakseen oikean kohteen harhamaalien joukosta. Viimeisimmät elektro-optiset hakupäät hyödyntävät kuvantavia sensoreita ja hahmontunnistusta maalin seurantaan. Niillä varustettujen ohjusten harhauttaminen on haasteellista, mutta lavetteihin integroituja lasersokaisujärjestelmiä kehitetään tätä tarkoitusta varten.

Hakupääteteknologian kehityksestä huolimatta kuumat soihdut ja hehkuvat silput ovat edelleen tyypillisin keino lämpöhakuisten ohjusten harhauttamisessa. Niiden oikea-aikaisen käytön ja liikehännän avulla pyritään luomaan tilanne, jossa lavetti pääsee karkaamaan ohjuksen kapeasta näkökentästä. Omasuojatutkimuksen tavoite on optimoida tämä prosessi. Kyseessä on siis monimuuttuja-analyysi, jossa tarkastellaan vastatoimien herätteitä suhteessa lavettiin sekä vastatoimien

heittogeometriaa ja -ajoitusta. Tietokonesimulointi antaa mahdollisuuden tarkastella näitä ratkaisevia sekunteja havainnollisesti ja pienin kustannuksin.

Tietokonesimulaatiossa maalilavetti kulkee fysiikan lakien mukaan ennalta määriteltä rataa pitkin. Reitti tuodaan esimerkiksi lentokoneen tallentimesta tai lavetille voidaan ohjelmoida väistöliike, joka liipaistaa vastatoimien käynnistyessä. Olennainen osa mallia on omasuojajärjestelmä, jonka parametreja ovat uhan tunnistusetaisyys, heittimien sijainnit sekä niiden hyötykuorma. Erityistä huolellisuutta vaatii heitteiden parametrien säätö, johon kuuluvat muun muassa syntyvä lämpösäteily ajan funktiona sekä heittosuunta, -nopeus ja ilmanvastus. Heitteiden mallinnus perustuu kansallisissa ja kansainvälisissä harjoituksissa kerättyihin mittauksilukuihin.

Omasuojasimulointi viimeistellään uhkamallin avulla. Simulointi-ohjelmassa hakupään näkemä syötetään algoritmille, joka palauttaa tiedon maalin suunnasta ohjausyksikölle. Tarvittaessa analyysi voidaan tehdä itse kehitetyillä algoritmeilla mallinnusohjelman Matlab-rajapintaa hyödyntäen. Ohjausalgoritmin ja hakupään toiminnan lisäksi olennaisia parametreja ovat ohjuksen työntövoima ja mekaaniset ominaisuudet, jotka asettavat suurimman mahdollisen ampumaetaisyyden. Eri ohjusten työntövoimaprofiileja on mitattu Kanerva-kokeessa ja näitä tuloksia hyödynnetään simulatioissa. Lisäksi SALT II -koeammunnassa kerätty tieto ohjuksen käyttäytymisestä lennon aikana antaa mahdollisuuden verrata si-

muloidun ohjuksen toimintaa useaan todelliseen ohjuslaukaukseen staattisessa maalitilanteessa. Simulointi voi myös kattaa jopa ennen laukaisua tapahtuvan suuntauksen, mutta omasuojatutkimuksen näkökulmasta kiintoisin vaihe alkaa vasta silloin, kun maali on hakupään näkökentässä ja ohjus matkalla kohteeseen.

Yksittäisen simulaatioskenaarion voi pienen harjoittelun jälkeen luoda nopeasti, mutta tosielämää hyvin vastaavat mallit syntyvät vasta pitkäjänteisen kehitystyön kautta. Viimeistellyjä malleja on kuitenkin helppo muokata niin, että erilaisen geometria-, ajoitus- ja vastatoimiyhdistelmien testaus on mahdollista kattavasti. Juuri tämä on simuloinnin keskeisimpiä etuja. Lisäksi simulaatiotuloksista voidaan luoda havainnollista materiaalia tutkimus- ja opetuskäyttöön. Kuvassa 1 on ruutukaappaus simulaatiosta, jossa hävittäjä harhauttaa lämpöhakuisen ohjuksen kahdella soihdulla. Visualisointi on toteutettu SIMDIS-ohjelmiston avulla.

Osa simulaatiomalleista voidaan todentaa kenttäkokeilla, joissa hakupää seuraa vastatoimia käyttävää maalilavettia. Kun simulaatiomalleja käytetään vastatoimien suunnitteluun ja kenttäkokeita simulaatiomallien todentamiseen, saadaan aikaan jatkuvan parantamisen prosessi, jonka lopputuotteena syntyy toimiviksi osoitettuja omasuojaratkaisuja. Tätä on havainnollistettu kuvassa 2. Parhaassa tapauksessa yksi ratkaisu tarjoaa suojan useaa eri hakupääsukupolvea vastaan.

Simulaatiotyökaluja käytettäessä on olennaista asettaa tutkimuskysymykset siten, että mallin tarkkuus riittää tuottamaan niihin luotettavan vastauksen. Vastaavasti simulaatiotulosten tulkinta edellyttää käytettävän mallin perinpohjaista tuntemusta. Mallinnustyökalujen käytön jatkuva kasvu eri sektoreilla osoittaa niiden hyödyllisyyden juuri kalliiden ja monimutkaisten järjestelmien kehitystyössä.



Kuva 1. Hävittäjä harhauttaa lämpöhakuisen ohjuksen soihduilla. Vihreä kartio kuvaa ohjuksen hakupään näkökenttää. (Kuva: Johan Sand)



Kuva 2. Luotettava omasuojaratkaisu syntyy jatkuvan parantamisen kautta.

## Kirjoittaja:

Tekniikan tohtori Johan Sand toimii tutkijana Puolustusvoimien tutkimuslaitoksen asetekniikkaosastossa asejärjestelmien tutkimusalalla.

# Lasertutkimus Puolustusvoimien tutkimuslaitoksessa

Laserista tulee CD-soittimen lisäksi ensimmäisenä mieleen Star Warsin ja Star Trekin näyttävän näköiset valomiekat ja fotonikanuunat. Lähes poikkeuksetta tarinoiden asevaikutus perustuu kirkkaaseen valojuovaan, äänitehosteeseen ja mahtipontiseen räjähdyskseen osumakohdassa. Todellisuus laserin sotilaallisessa käytössä on kuitenkin Sci-fin tylsänä toistuvia kliseitä monipuolisempi. On syytä muistaa, että lasersädettä ei voi tavallisesti nähdä sivusta ja että räjähdysfekteihin tarvitaan poltto- tai räjähdysainetta (kuva 1).

Kuva 1. Sumusta sironnut ja pilveen vaimeneva lasersäde kaivostornin vierellä. (Kuva: Tomi Parviainen)



## Laserturvallisuuden tutkimus

Lasersäde on yleensä vaarallinen silmille, ja voi tehokas laser polttaa ihoakin. Tarvitaan tietoon perustavaa riskiarviointia ja ohjeita laserien käytölle. Puolustusvoimien laserivaromääräys perustuu kansainvälisiin laserturvallisuusstandardeihin.

Turvallisuusarviointia on tehty yhteistyössä Säteilyturvakeskuksen kanssa mutta myös arvioimalla tietokoneohjelmilla varoetäisyyksiä ja käyttötilanteita. Yhteistyössä VTT:n kanssa testattiin 2000-luvun alussa uusia lasersuojainmateriaaleja. Vaikka tutkimuksessa saavutettiin hyvä suojaustaso, materiaali ei kestänyt pitkäaikaista altistusta auringon ultravioletti-säteilylle. Sen jälkeen on tuettu Puolustusvoimien kaupallisia hankintoja tekeviä yksiköitä.

## Laservaroittimet

1990-luvun lopussa oli ajankohtaista tutkia suojautumista havaitsemalla laseruhka laseretäisyyksimittauksen tai lasermaalinosoituksen perusteella. VTT:n kanssa kehitettiin laservaroitinprototyyppi. Rannikkotyöstön käytöstä kuitenkin oltiin luopumassa, eikä laservaroitinta kehitetty sarjavalmistukseen saakka. Nykyisin liikkuvat lavetit, kuten laivat sekä kuljetushelikopterit ja -lentokoneet, pyritään varustamaan laservaroittimilla.

Laservaroittimissa ei käytetä optiikkaa, vaan ilmaisimainnoin ympäristöä mahdollisimman laajalla näkökentällä ja erinäisin kulmatunnistustekniikoin pyritään suuntimaan lasersäteen lähde. Ilmaisimissa ei käytetä keskiarvostamista signaali-kohinasuhteen parantamiseksi, koska pyritään havaitsemaan yksittäisiä laservalopulsseja. Tekniikka tasapainoilee kohinasta aiheutuvien väärin hälytysten ja herkkyyden välillä.

## Ympäristöolosuhteet

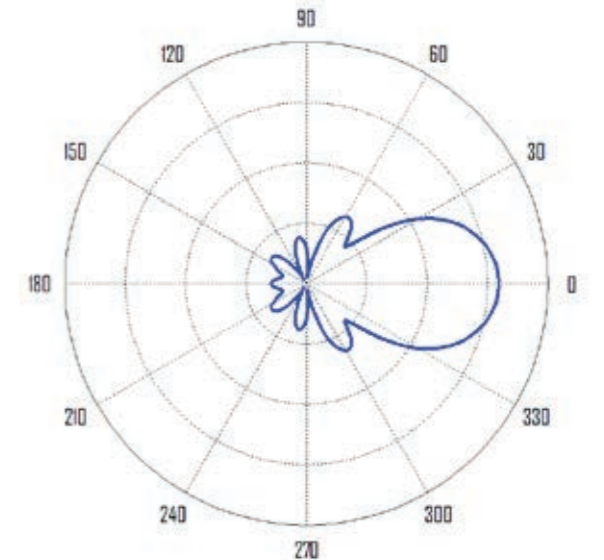
Yksimuotoinen lasersäde etenee tyhjiössä valonnopeudella ja hyvin pieneen avaruuskulmaan. Ilmakehässä eivät kuitenkaan vallitse etenemisen kannalta ideaaliolosuhteet, vaan lasersäde osittain absorboituu ilmakehän kaasumolekyyleihin, kuten vesihöyryyn, ja siroaa ilmakehän molekyyleistä sekä pienhiukkasista. Myös ilman taitekertoimen muutokset lämpötilagradienttien takia heikentävät säteen laatua osittumisen takia. Toisaalta laservaroittimet voivat nähdä sironnan takia säteen etuviistosta (kuva 2).

Ilmakehän olosuhteita on tutkittu myös tilastollisesti. Vuonna 2005 tehtiin noin 50 000 yksittäistä laseretäisyyksimittaus eri sääolosuhteiden vaikutusten selvittämiseksi. Lisäksi on mitattu hiukkaskokojakaumia ja pilvisyyttä.

## Lasarit sotavarusteena

Yleisimmät laserien sotilassovellukset ovat etäisyydenmittaus sekä maalin etsintä, osoitus ja valaisu.

Puolustusvoimissa siirryttiin käyttämään maalinosoituslasereita Hornet-hävittäjän ilmasta-maahan-toimintakykyä parantavien myötä (kuva 3). Maalinosoituslasarit ovat tehokkaita, luokan 4 laserlaitteita, joten niillä korostuu käyttöturvallisuus ilmasta ja maastosta operoidessa.



Kuva 2. Lasersäteen logaritminen sironnadiagrammi kulma-asteina viisi kertaa aallonpituutta suuremmasta hiukkasesta, kun säde etenee nollakulman suuntaan. (Kuva: Tomi Parviainen)

Kuva 3. Hornet MLU 2 -varustuksessa. Rungon keskilinjalla näkyy tummanharmaa Litening-maalinosoitussäiliö. (Kuva: Puolustusvoimat)



### Laserit tiedustelussa: laserkeilaus

Laser on aktiivinen lähetin, joten sen käyttö voi paljastua, jos se osuu suoraan ilmaimeen, heijastuen tai sironnan vaikutuksesta. Toisaalta lasersäde on kapea, joten hyvissä näkyvyysolosuhteissa laseria on vaikea nähdä maastossa.

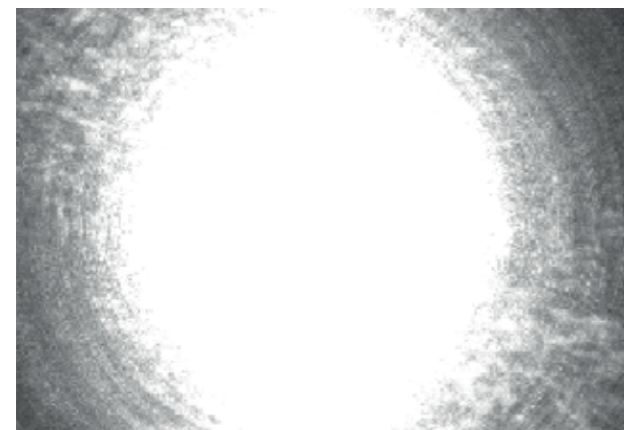
Vastustajan optiikkaa voidaan paikallistaa keilaamalla maastoa heikkotehoisella laserilla, koska optiikka synnyttää taustaa voimakkaammat takaisinheijastukset.

Toisaalta maasto voidaan keilata myös silmäturvallisella luokan 1 laserilla ilma-aluksesta käsin. Siten muodostuu kolmiulotteinen maastokartta, ja nähdäänpä latvuston aukko-kohdista jopa maanpinnalle asti ryhmittelemällä laserkaiut korkeuden mukaan (kuva 4). Laserkeilaus on kehittynyt voimakkaasti 2010-luvulla, eikä vauhti hidastu.

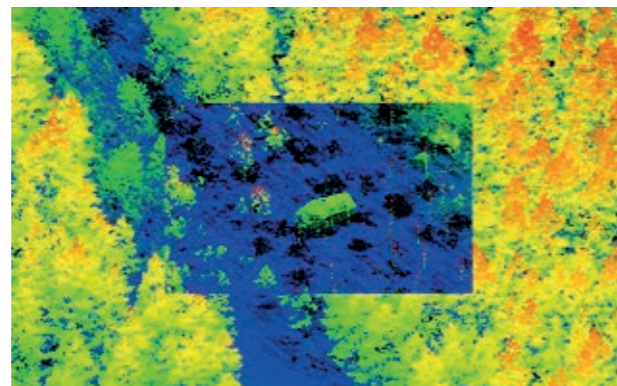
### Teknologiaennakointi

Lähitulevaisuudessa suunnatut laservastatoimet yleistyvät ilma-alusten omasuojana ohjuksien harhauttamiseksi (kuva 5). Täytyy tuntea ohjusten vahvuudet ja heikkoudet näitä DIRCM-järjestelmiä vastaan mutta myös harhautusjärjestelmien toimintakyky omaa ilmapuolustusta vastaan.

Toinen kehittyvä trendi on sähköstä energiansa saavat 1–150 kilowatin laseraseet. Nämä uudentyypiset aseet realisoituvat Sci-fi-tarinoiden sijasta. Niillä ei pysäytetä panssarivaunuja, mutta ne voivat soveltua miehittämättömien dronejen alas ampumiseen, ja jos DIRCM-lasereita käytetään ohjusuhkaa vastaan, ei ole vaikea kuvitella, että tehokkaampia laseraseita tullaan käyttämään paitsi omasuojaksi myös kirurgintarkkaan offensiiviseen toimintaan. Laserin tehoa voi verrata saunan kiukaan (6 kW) tehoon. Jätetään lukion fysiikkakurssin harjoitukseksi laskea, kuinka kauan litran suuruisen vesimäärän höyrystyminen kestää 100 kW:n teholla. Arvatenkin liekehtivää räjähdystä ei synny, ellei vesitölkkiä korvata kerosiini-kanisterilla tai ruutisäiliöllä.



Kuva 5. Kameran kuva kyllästyy laserhäirinnän vaikutuksesta. (Kuva: Jaakko Saarela)



Kuva 4. Siirtolohkare löytyy mäntymetsän siimeksestä, kun kolme metriä korkeammat laserkaiut poistetaan pistepilvidatasta. (Kuva: Tomi Parviainen)



Kuva 6. Panssarirykki oli tehokkaampi ase hyökkäysvaunuja vastaan kuin laser. Lähitulevaisuuden laseraseella on kuitenkin mahdollista tuhota tykistöammuksia ja ohjuksia, mihin rykki ei kyennyt. (Kuva: SA-kuva / P. Jänis)

#### Kirjoittaja:

Diplomi-insinööri Tomi Parviainen toimii vanhempana tutkijana Puolustusvoimien tutkimuslaitoksen asetekniikkaosastossa asejärjestelmien tutkimusalalla.

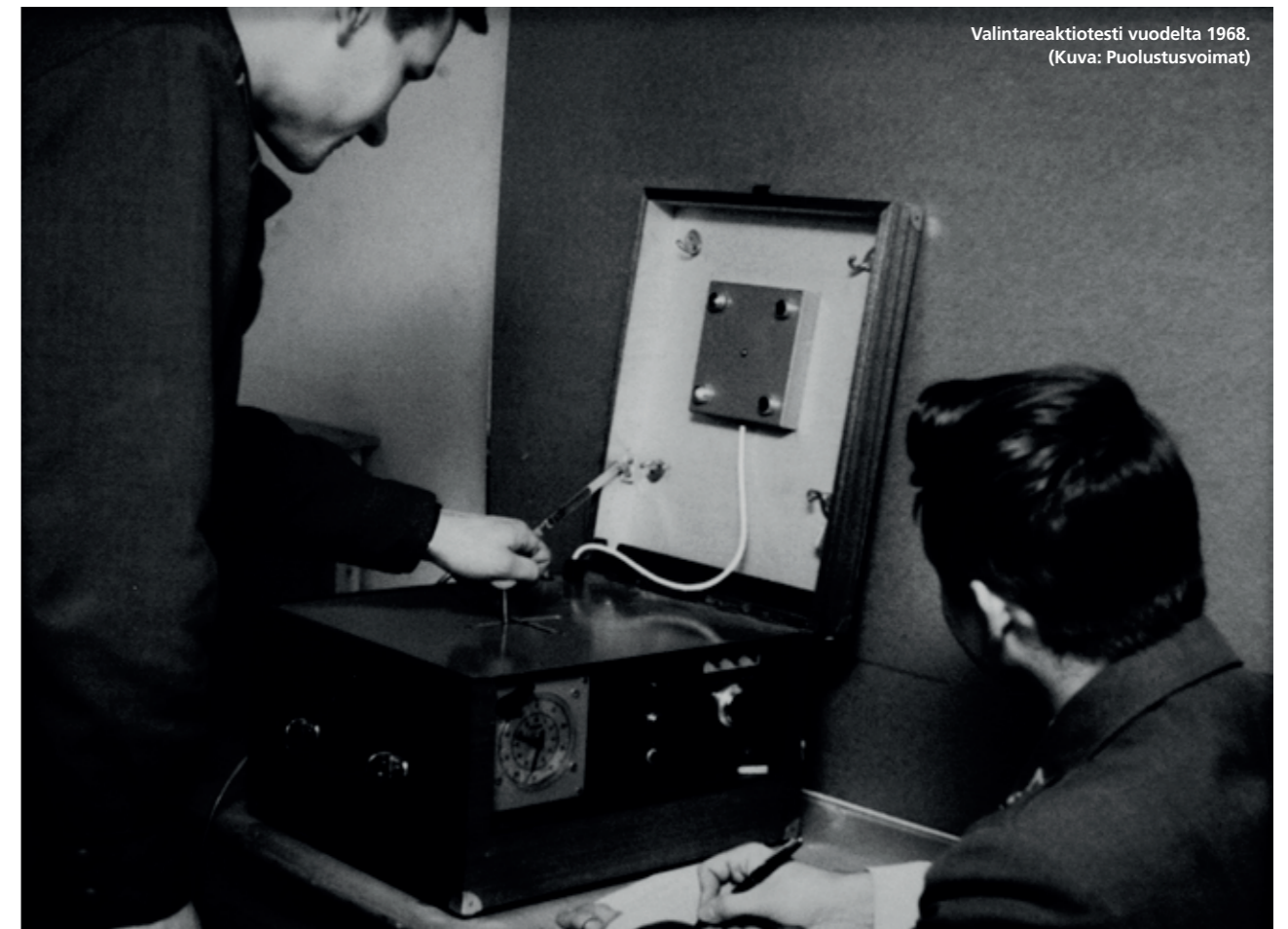
## Sotilaslentäjien psykologinen soveltuvuudenarviointi

Puolustusvoimien tutkimuslaitoksen toimintakykyosasto vastaa Puolustusvoimissa tehtävistä psykologisista soveltuvuudenarvioinneista. Yhtenä arvioinnin kohderyhmänä ovat Ilmavoimien sotilaslentäjäkoulutukseen hakevat henkilöt. Hakijoiden soveltuvuudenarviointi suoritetaan lentoreserviupseerikurssille (LENTORUK) hakeutumisen yhteydessä. Hakijat ovat varusmiespalvelustaan suorittamaan hakeutuvia asevelvollisia.

Oppilaiden valikoimisen sotilaslentokoulutukseen tekee haastavaksi lentäjän tehtävän äärimmäinen vaativuus. Tämän vuoksi vain pienen osan hakijajoukosta voidaan olettaa suoriutuvan koulutuksesta menestyksekkäästi. Joidenkin arvioiden mukaan tämä osuus olisi vain 10–20 % hakijajoukosta. Lentokoulutuksen kalleuden vuoksi virhevalinnoilla on painava hintalappu. Psykologisia arviointimenetelmiä käyttäen virhevalinnan todennäköisyyttä kyetään pienentämään olennaisesti.

### Historiaa

Ennen toista maailmansotaa lentäjävalinnat perustuivat pääasiassa lääketieteellisiin ja fysiologisiin tutkimuksiin sekä koulumenestykseen perustuvaan arvioon hakijoiden soveltuvuudesta. Näillä perusteilla valinnat onnistuivat yleisesti ottaen heikosti. Parannusta tilanteeseen lähdettiin etsimään laajentamalla arviointi koskemaan myös hakijoiden psykologisia ominaisuuksia. Kognitiivista ja havaintomotorista kyvykkyyttä mittaavien testien hyödyntämisen todettiin vähentävän lentokoulutuksen aikana karsiutuneiden oppilaiden osuutta merkittävästi. Suomessa ensimmäiset psykologiset tutkimusmenetelmät otettiin lentäjävalinnoissa käyttöön 1940-luvun lopulla. 1960-luvulle asti pääpaino valintojen perusteissa oli edelleen fysiologisissa tekijöissä, ja tämän jälkeen psykologisten menetelmien painoarvo alkoi nousta.



Valintareaktiotesti vuodelta 1968. (Kuva: Puolustusvoimat)



Arvioinnissa käytetään erikoistestejä  
(Kuva: Jaakko Kulomäki)

Hornet-kaluston käyttöönotto 1990-luvun loppupuolella muodostui käännekohdaksi suomalaisissa lentäjävalinnoissa. Tällöin psykologinen arviointimenetelmä uudistettiin kattavan kotimaisen ja ulkomaisen tutkimustyön perusteella vastaamaan modernin kaluston lentäjälle asettamia vaatimuksia. Tehdyn selvitystyön perusteella lentäjän tehtävän keskeisiksi psykologisiksi haasteiksi tunnistettiin tilannetietoisuuden muodostaminen ja ylläpito, usean tehtävän samanaikainen suorittaminen sekä lentotehtävään liittyvä korkea kognitiivinen kuormittavuus. Uudistuksen myötä vanhoista mekaanisista testilaitteista luovuttiin ja testaaminen siirtyi puhtaasti tietokoneilla tehtäväksi.

### Soveltuvuudenarvioinnin toteutus

LENTORUK:n monivaiheisessa valintaprosessissa psykologinen arviointi on keskeisessä roolissa. Esikarsinnan yhteydessä hakijat suorittavat kaikille varusmiehille yhteisen yleislahjakkuutta mittaavan Peruskoe 1:n. Kokeessa ylimmän 40 %:n joukkoon sijoittuneet hakijat etenevät valinnan seuraavaan vaiheeseen, jossa heille suoritetaan perusteellinen tiedonkäsittely- ja psymotorista kyvykkyyttä sekä persoonallisuuden eri osa-alueita käsittelevä testaus. Testauksen läpäisseet hakijat osallistuvat psykologin haastatteluun sekä ryhmätyöskentelyvalmiuksia kartoittavaan vuorovaikutustehtävään. Psykologisen soveltuvuuden ohella lopulliseen valintapäätökseen vaikuttavat ilmailulääkäriin tekemä arvio hakijan lääketieteellisestä kelpoisuudesta sekä Ilmavoimien valintaupseerin arvio hakijan soveltuvuudesta ja koulutettavuudesta.

### Mitä arvioidaan?

Psykologisen soveltuvuusarvioinnin tarkoitus on löytää hakijoiden joukosta ne, joilla on psykologisten ominaisuuksiensa puolesta parhaat mahdollisuudet menestyä Ilmavoimien lentoupseerin tehtävissä. Soveltuvuusarviointi kohdistuu sekä lentotehtävissä suoriutumiseen liittyviin ohjaajaominaisuuksiin että upseerin tehtävissä suoriutumiseen liittyviin henkilöominaisuuksiin.

Kykyominaisuuksia arvioidaan tietokoneistettujen erikoistestien avulla. Arvioinnissa on olennaista, että hakija täyttää asetetun vaatimustason jokaisessa arvioidussa osa-alueessa. Huipputasoa ei edellytetä, mutta mikään osa-alue ei myöskään saa jäädä vaaditun tason alle. Vahvat osa-alueet eivät siis kompensoi heikkoja.

Kykyominaisuus	Miten ominaisuus ilmenee?
Päätelykyky, yleisälykyys	ongelmanratkaisu (esim. vikatilanteen selvittäminen), oppiminen
Kielellinen työmuisti	tilannetietoisuuden muodostaminen sanallisen tai numeraalisen informaation perusteella (esim. radioliikenteen ja näytöiltä saatavan tiedon käsittely), oppiminen
Avaruudellinen työmuisti	tilannetietoisuuden muodostaminen avaruudellisen informaation perusteella (esim. oman sijainnin hahmottaminen ympäristöstä ja näytöiltä saatavan tiedon perusteella)
Avaruudellinen hahmotuskyky	tilannetietoisuuden muodostaminen avaruudellisen informaation perusteella (esim. oman asennon ja liikkeen hahmottaminen kolmiulotteisessa tilassa)
Havaintonopeus ja -tarkkuus	oleellisen informaation havaitseminen epäoleellisen joukosta (esim. kartan lukeminen, maalin etsintä tutkan näytöltä)
Tarkkaavaisuuden ylläpito, vigilanssi	oleellisen informaation havaitseminen monotonisessa seurantalanteessa (esim. näyttöjen valvonta)
Monitehtäväsuoritus	selviytyminen tilanteista, joissa tarkkaavaisuutta täytyy jakaa usean samanaikaisen tehtävän kesken (esim. lentokoneen ohjaaminen mittarien perusteella)
Psymotoriikka	raajojen liikkeiden hallinta aisti-informaation perusteella (esim. lentokoneen lentotilan hallinta ohjaimia käyttämällä)



Persoonallisuuden ominaisuuksia arvioidaan persoonallisuustestien, psykologin haastattelun sekä ryhmätyöskentelyn perusteella tehtyjen havaintojen perusteella. Olennaista on, että ominaisuuksissa ei havaita sellaista puutetta tai ylikorostumista, joka voisi muodostaa riskin tehtävissä suoriutumiseen.

Persoonallisuuden ominaisuus	Miten ominaisuus ilmenee?
Paineensietokyky	suoriutuminen tehtävistä kovan henkisen kuormituksen alla (esim. taistelutilanteet, vaaratilanteet), epävarmuuden sieto
Vastuuntunto	vastuu ihmishengistä ja materiaalista
Huolellisuus	monimutkaisten toimenpiteiden suorittaminen tarkasti
Järjestelmällisyys	toimenpiteiden suorittaminen ohjeiden mukaisesti (esim. tarkastuslistojen ja proseduurien läpikäynti)
Assertiivisuus	oman näkemyksen ilmaiseminen jämäkästi tilanteen niin vaatiessa (esim. turvallisuutta vaarantavien seikkojen esiin tuominen)
Päätöksentekokyky	päätösten tekeminen, priorisoiminen
Sosiaalinen rohkeus	esiintymistilanteet, ihmisten johtaminen
Vuorovaikutusvalmiudet	ryhmässä toimiminen, ihmisten johtaminen
Suoritusmotivaatio	pyrkiminen jatkuvasti parempaan suoritukseen (uuden oppiminen), halu pätevätyä vaativissa tehtävissä
Ilmailumotivaatio	perusteltu kiinnostus ilmailualaa kohtaan
Johtamismotivaatio	halukkuus toimia johtajana sotilasympäristössä



Lentäjä toimii vuorovaikutuksessa lukuisten teknisten järjestelmien kanssa. (Kuva: Jarno Riipinen)

LENTORUK:n aikana kouluttajat jatkavat oppilaiden sotilaslentäjäksi soveltuvuuden arviointia koulutusmenestyksen perusteella. Kurssin lopussa soveltuviksi arvioituilla on mahdollisuus hakeutua Ilmavoimien kadettikurssin ohjaajalinjan kautta lentoupseerin uralle.

Lentoreserviupseerikurssin oppilaille ei tehdä uutta psykologista soveltuvuusarviointia heidän hakiessaan kadettikurssin ohjaajalinjalle. Tästä syystä hakijoiden upseeriominaisuuksia arvioidaan LENTORUK:lle hakeutumisen yhteydessä pääosin samoilla perusteilla kuin kadettikoulun oppilasvalinnoissa.

### Tulevaisuuden haasteet

Kun nykyisen hävittäjäkaluston korvaamista uudella suorituskyvyllä suunnitellaan, on luontevaa pohtia, millaisia haasteita tulevaisuus asettaa lentäjien soveltuvuudenarvioinnille. Lentäjä toimii todennäköisesti tulevaisuudessakin osana laajaa verkotunutta taistelukenttää, jossa eri toimijoiden suuri määrä tekee tilannetietoisuuden ylläpitämisestä vaativaa. Automaation ja autonomisten järjestelmien merkityksen mahdollisesti kasvaessa lentäjän rooli saattaa muuttua. Tiedon käsittely säilynee tulevaisuudessakin lentäjän tehtävän ytimessä. Lentäjän ulottuville tulee yhä enemmän tietoa erilaisista tietolähteistä. Ratkaisevaa on, miten lentäjä kykenee käyttämään sitä hyväkseen. Parhaassa tapauksessa muutokset saattavat parantaa lentäjän suorituskykyä. Pahimmassa tapauksessa ne johtavat tiedonkäsittelyjärjestelmän ylikuormittumiseen.



Lentäjältä edellytetään huolellisuutta ja järjestelmällisyyttä. (Kuva: Puolustusvoimat)

On selvää, että lentäjän tehtävä edellyttää tulevaisuudessakin suorittajaltaan erityisiä psykologisia valmiuksia. Psykologisen soveltuvuusarvioinnin tulee siksi säilyä lentäjävalintojen keskeisenä työkaluna. Työkalun toimivuuden varmistaminen edellyttää jatkuvaa lentäjän tehtävän sekä toimintaympäristön kehityksen seuranta ja viimeisimpään tutkimustietoon perustuvaa arviointimenetelmien kehittämistä.

### Kirjoittaja:

Psykologian maisteri Jaakko Kulomäki toimii tutkijana Puolustusvoimien tutkimuslaitoksen toimintakykyosastossa psykososiaalisen toimintakyvyn tutkimusalalla.

# Yksilön merkitys tietoturvalisessa organisaatiossa

Tietoturva on enemmän kuin kokoelma tarkasti määriteltyjä protokollia, sääntöjä ja ohjeita. Tietoturva on niin valtiollisten toimijoiden kuin useiden yrityksiensäkin kannalta kriittisessä asemassa. Tietomurron kohde voi kaupallisella puolella menettää etulyöntiasemansa tai vuosien tuotekehityksen tulokset. Valtionhallinnon puolella esimerkiksi tietomurrot Puolustusvoimiin voivat johtaa kansallisen turvallisuuden vaarantumiseen.

Ylen aamu-tv:ssä (4.9.2017) vierailnut tietoturvalisuusyhtiö Silverskinin toimitusjohtaja Marko Savolainen arvioi noin kolmanneksen yhtiöistä suojautuneen yritysvakoilulta hyvin, joskin toteuttamissaan murtautumistestauksissa Silverskinin asiantuntijoiden onnistumisprosentti yhtiöiden tiloihin pääsyssä oli huikkea 100 %. Savolaisen arviota tukevat myös aiemmat tutkimukset, joiden perusteella voidaan arvioida noin 35 % tietoturva-vaarista olevan suoraan ihmisen aiheuttamia.

Tarkasti määritetyistä tietoturva-protokollista ja ohjesäännöistä huolimatta tietomurtojen ja tietovuotojen voidaan sanoa olevan hyvin yleisiä. Tietomurtojen toteuttamiseksi voidaan hyödyntää yksittäisiltä yksilöiltä saatuja arkaluontoisia tietoja, kuten salasanoja. Tietoturvalisuudessa inhimillinen komponentti eli ihminen onkin usein ketjun heikoin lenkki. Esimerkiksi luottamukseen perustuvia tiedonkalastelukeinoja hyödyntämällä voidaan moninkertaistaa tietojenkalastelun tehokkuus.

Ymmärtääkseen tarkemmin inhimillisen komponentin merkitystä ja luonnetta Puolustusvoimien tutkimuslaitoksen toimintakykyosasto yhdessä Helsingin yliopiston psykologian oppiaineen kanssa toteutti selvityksen, jossa tarkasteltiin kadettien ja Helsingin yliopiston opiskelijoiden tietoturvaan liittyvien tekijöiden ja yksilöllisten ominaisuuksien suhdetta. Tutkimuksessa tietoturva tarkasteltiin suhteessa persoonallisuuteen, asenteisiin ja aikomuksiin noudattaa tai olla noudattamatta tietoturvakäytänteitä.

Tietoinen varovaisuus

Tietoturvalisessa käytäntymisen kannalta tietoinen varovaisuus ja asianmukainen suhtautuminen tietoturvaan ovat oleellisia.



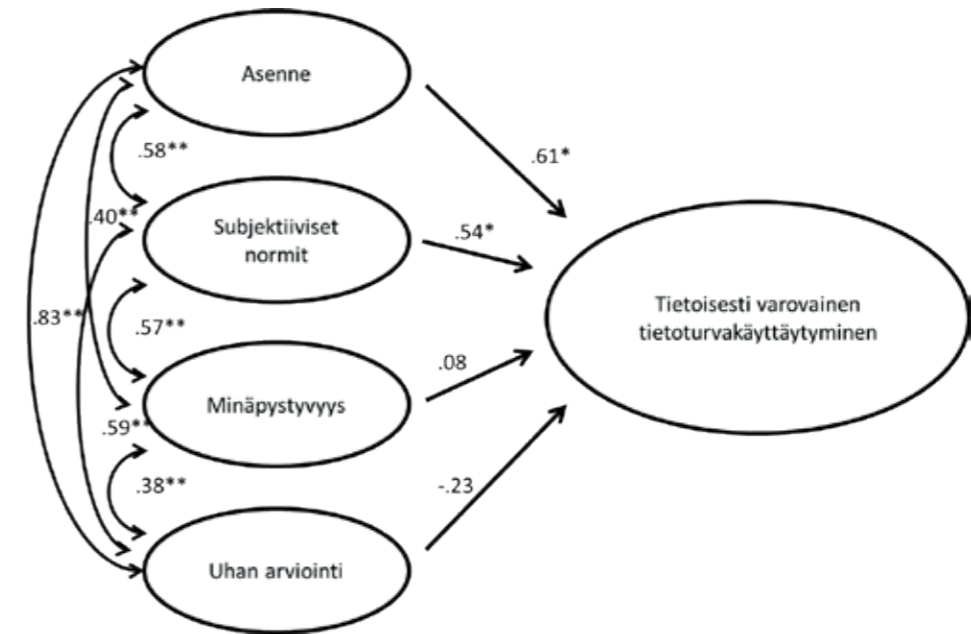
Tarkastelussa tutkittiin kadettien ja Helsingin yliopiston opiskelijoiden asenteiden, subjektiivisten normien, oman tietoturvaan liittyvän kompetenssin (minäpystyvyyden) ja kokemuksen omasta kyvystä arvioida uhkia suhdetta tietoisesti tietoturvaliseen toimintaan. Tietoisesti turvallista käyttäytymistä ennustivat vahvimmin henkilöiden asenne tietoturvaan kohtaan sekä heidän omat subjektiiviset norminsa. Yllättävästi uhan arvioinnilla tai arviolla omasta kyvykkyydestä ei ollut yhteyttä aikomukseen käyttäytyä tietoturvalisesti (kuva 1).

Ymmärryksen syventämiseksi tarkasteltiin persoonallisuuspiirteiden yhteyttä aikomukseen toimia tietoturvaohjeita vastaan. Tarkastelu toteutettiin luomalla todellisten tilanteiden kaltaisia skenaarioita, joissa esimerkkihenkilö poikkesi tietoturvasäännöistä toteuttaakseen esimiesten antamia tehtäviä tai saavuttaakseen lyhyellä tähtämellä etuja. Koehenkilöiden tuli arvioida, kuinka todennäköisesti he toimisivat skenaarioiden henkilöiden tavoin. Odotetusti yksilöllisistä piirteistä tunnollisuus oli vahvasti yhteydessä noudattaa tietoturvaohjeita. Tunnollisuuden lisäksi myös ulospäin suuntautuneisuus oli lievästi yhteydessä aikomukseen noudattaa tietoturvaohjeita.

Sen sijaan persoonallisuuden pimeät puolet eli tässä tapauksessa narsistisuuteen ja psykopatian kaltaiseen tunnekyllmyyteen viittaavat piirteet ennustivat aikomusta toimia vastoin tietoturvaohjeita.

## Yhteenveto

Alustavat analyysit osoittavat useiden yksilöllisten tekijöiden olevan vahvasti yhteydessä siihen, kuinka vakavasti yksilö suhtautuu tietoturvaan, ja siihen, kuinka helposti yksilö on valmis joustamaan tietoturvasäännöistä. Havainnot korostavat rekrytoinnin, jatkuvan koulutuksen ja organisaatioilmapiirin merkitystä. Yksilöllisten piirteiden ja asenteiden merkitsevyyden vuoksi koulutusta tulisikin jatkossa räätälöidä yksilöllisempään suuntaan ja auttaa yksilöitä tunnistamaan omassa toiminnassaan tietoturvalisuuden kannalta keskeiset herkkyydet sekä vahvistamaan olemassa olevia vahvuuksia.



Kuva 1. Asenteiden, subjektiivisten normien, minäpystyvyyden ja uhan arvioinnin suhde tietoisesti varovaiseen tietoturvakäyttäytymiseen (Kuva: Siiri Nuolioja).

## Kirjoittajat:

Psykologian tohtori Petteri Simola toimii vanhempana psykologina Puolustusvoimien tutkimuslaitoksen toimintakykyosastossa psykososiaalisen toimintakyvyn tutkimusalalla.

Psykologian kandidaatti Siiri Nuolioja ja Heini Järviö ovat Helsingin yliopiston lääketieteellisen tiedekunnan psykologian maisteritutkinnon suorittajia, ja tutkimus oli osa heidän pro gradu -työtään.

# Maavoimien sotilaan toimintakykyvaatimukset



(Kuva: Tommi Ojanen)

Millainen sotilas voi sodan aikana menestyä vihollisen selustassa panssarivaunun metsästyksessä taikka ilmatorjunnan operaattorina tekemässä viidessä sekunnissa tulituspäätöksen tietokoneruudulta näkemästään informaatiosta? Jos valitsemme vääränlaisen sotilaan keskeiseen tehtävään, min-käläisen inhimillisen kertoimen asetamme asejärjestelmästä saatavan tulen tehon eteen?

Tässä artikkelissa kuvataan lyhyesti maavoimien toimintakyky-tutkimuksen toteutusta vuosina 2014–2017 ja keskeisiä tuloksia sekä niiden käyttömahdollisuuksia.

## Tutkimuksen taustaa ja toteutus

Maavoimissa siirryttiin uuteen taistelutapaan vuonna 2015. Varusmiehiä koulutetaan hyvin erilaisiin tehtäviin alkaen vihollisen selustassa tapahtuvasta partioiden toiminnasta aina lämmitetyssä kontissa tapahtuvaan tietojärjestelmän käyttöön. Erilaiset tehtävät vaativat hyvin erilaisia psyykkisiä ja fysiologisia valmiuksia ja ominaisuuksia koulutettavalta sekä rauhan aikaisessa koulutuksessa että sodan aikaisessa suoriutumismuutoksessa. Tähän haasteeseen vastaamiseksi Maavoimien esikunta perusti tutkimushankkeen toimintakykyvaatimusten laatimisesta.

Tutkimuksen toteutuksen aikana alkoi valmiusyksiköiden kouluttaminen, ja nämä vaatimukset otettiin huomioon tutkimuksen toista vaihetta valmisteltaessa.

Vuosien 2014–2016 aikana tutkittiin viidessä kenttäkoekokonaisuudessa jalkaväen, kenttätyökistön sekä viestiaselajin sotilaiden rasittumista sekä kognitiivisen ja fyysisen suoriutumisen muutoksia joukkokoulutuskauten viimeisissä kolmeviikkoisiksi kootuissa sota- ja ampumaharjoituksissa. Näistä kenttäkokeista saatiin pääteltyä ne ominaisuudet, jotka tukevat sotilaan pärjäämistä joukkonsa mukana sekä lopputestin läpäisyä väsyneenä harjoitusjakson päättyessä.

Vuosien 2016–2017 aikana haastateltiin lisäksi 465:tä asiantuntijaa, jotka nimesivät avaintehtäviin koulutettavien henkilöiden psyykkiset ja fyysiset menestyksen edellytyksenä olevat ominaisuudet sekä muut fysiologiset reunaehdot tehtävissä pärjäämiselle.

## Keskeiset tulokset ja niiden käyttömahdollisuuksia

Raportoivat tulokset voidaan jakaa kahteen pääluokkaan: valintakriteerit eri aselajeihin sekä toimenpidesuosituksia toimintakyvyn kehittämiseksi, ylläpitämiseksi ja palauttamiseksi. Valintakriteerejä voi käyttää, valintatestien päivittämisen jälkeen, alokkaiden jakamiseen heille sopiviin aselajeihin ja tehtäviin. Jatkossa voidaan paremmin verrata alokkaan kyvykkyysoptimaalia sodan ajan operatiivisista vaatimuksista muodostettuihin tehtäväkohtaisiin kriteereihin ja siten saada oikea mies tai nainen oikeaan paikkaan. Valintamenettelyssä tulee toki huomioida myös alokkaan osaaminen ja halukkuus. Valintamenettelystä saataisiin paras vaikuttavuus, jos esim. 3 kk ennen palvelukseen astumista voitaisiin pitää tuleville alokkaille valintapäivä, jonka jälkeen joukko-osastoissa voitaisiin tehdä laadukkaalla tietopohjalla tulevien alokkaiden sijoittelu heidän kyvykkyyksiään vastaavaan aselajijoukkoyksikköön.

Erilaisia psyykkisiä ja fysiologisia vaatimuksia voi käyttää myös koulutuksen sisällön kohdentamisessa. Miten esimerkiksi kouluttaa sinnikkyyttä, nopeaa reagointinopeutta, silmä-käsi-koordinaatiokykyä tai ylävartalon maksimivoimaa?

Kenttäkokeista saatiin runsaasti seuranta-aineistoa mm. 237 henkilön keskimääräisestä unen määrästä, energian kulutuksesta, kehon koostumuksen muutoksista, stressitasoista ja tuntemuksista sekä rasittuneisuudesta. Näitä tuloksia voi käyttää hyväksi silloin, kun koulutetaan johtajia alaistensa toimintakyvyn ylläpidossa ja palauttamisessa.

## Syötteitä koulutuksen sekä operatiivisen toiminnan kehittämiseen

Tutkimuksen aikana on noussut esille useita toimintakykyyn liittyviä asioita, jotka on koottu asiakkaalle raportin yhteen liitteeseen tukemaan koulutuksen suunnittelua sekä operatiivista toimintaa. Liitteeseen on listattu useita suosituksia, joilla voidaan esimerkiksi tukea sotilasta vihollisotilaiden tappami-



(Kuva: Tommi Ojanen)



(Kuva: Tommi Ojanen)

ssa sekä taistelustressin ennaltaehkäisyssä ja vähentämisessä. Operatiiviseen suunnitteluun liittyen raportissa on kiinnitetty huomioita mm. havaintoihin sotilaiden jaksamisesta pidemmissä kriiseissä, joukkojen lepuutuskierrätyksen suunnittelusta sekä tuplahenkilöstön kouluttamisesta keskeisimpiin taistelu-joukkoihin.

Niinkin yksinkertainen asia kuin unen määrä saattaa muodostua operatiiviseksi joukkojen suorituskykyvajeeksi; sotilaiden kyky käyttää kalliita asejärjestelmiä romahtaa nopeasti univajeessa. Tutkimuksen tulosten mukaan sotaharjoituksissa unimäärä jää keskimäärin 4–7 tuntiin / vrk. Jos rauhan aikainen sotaharjoitus kuvastaa sodan aikaista ryhmittymis- ja valmisteluvaihetta, joukkomme saattavat sodan alkaessa olla kokonaisuorituskyvyltään ”puolikkaita” väsymyksen vuoksi. Alla oleva kokeilutulos Yhdysvaltain armeija kenttätykistöstä valaisee asiaa. Siinä patteristo suoritti kovapanosammuntoja 20 vrk yhteen menoon. Tilalla voisi olla panssarivaunukomppania tai ilmapattorijuntaohjuspatterikin.

## Lopuksi

Vuosi 2018 on varattu tutkimustulosten viemiseen käytäntöön yhdessä asiakkaan kanssa. Psykkiset kriteerit huomioidaan valtakunnallisesti peruskoetta uudistettaessa.

Tulipatteri	Unen määrä / vrk (h)	Toiminnan tarkkuus ja nopeus lopussa alkuperäisestä
1. TPTRI	7	98 %
2. TPTRI	6	50 %
3. TPTRI	5	28 %
4. TPTRI	4	15 %

### Kirjoittaja:

Everstiluutnantti Jari Harala toimii Puolustusvoimien tutkimuslaitoksen toimintakykyosastolla taistelija sodassa -tutkimusryhmän johtajana.

# Sotilaan toimintakyvyn laajentaminen

**Sotilaan fyysisellä ja psyykkisellä toimintakyvyllä tarkoitetaan sotilaan kykyä ohjautua määrätietoisesti tekemään itselleen laatima tai hänelle annettu tehtävä sodan ajan ympäristössä. Ihmisen toimintakyvyn laajentaminen (Human Enhancement) on sotilaan rajoitteiden ja kykyjen ”venyttämistä” siten, että ylitetään fyysisiä ja psyykkisiä rajoja käyttäen sekä luonnollisia että keinotekoisia menetelmiä. Tavoitteena on tukea tehtävien suorittamista ja operaatioita vaativissa olosuhteissa.**

## Ulkoiset teknologiat

Ulkoisilla teknologioilla tarkoitetaan suorituskykyä lisääviä ihmiskehon ulkopuolisia apuvälineitä ja työkaluja, kuten puettavia laitteita. Proteesilla tai exoskeletonilla voidaan parantaa henkilön fyysistä suorituskykyä korvaamalla menetetty raaja tai tuottamalla lisää voimaa ja kestävyyttä. Yhdysvaltalainen DARPA (The Defence Advanced Research Projects Agency) rahoittaa sotilaskäyttöön tarkoitettujen exoskeletonien tutkimusta. Exoskeletonit pystyvät kantamaan jopa 17-kertaisen määrän varusteita normaaliin tilanteeseen verrattuna. DARPA ja U.S. Special Operations Command -yksikkö ovat kehittäneet TALOS-exoskeleton-puvun (Tactical Assault Light Operator Suit), joka lisää suojaa tulivoimaa vastaan ja jonka kypärän sisäisellä teknologialla parannetaan kommunikointia sekä näkyvyyttä. Tulevaisuudessa puvun käyttöaika pitenee, kun litium-rikki-akkujen kestävyys kehittyy ja ihminen voidaan liittää tiiviimmin laitteeseen käyttämällä ensisijaisesti suoraan sotilaan lihaksista tulevia signaaleja.

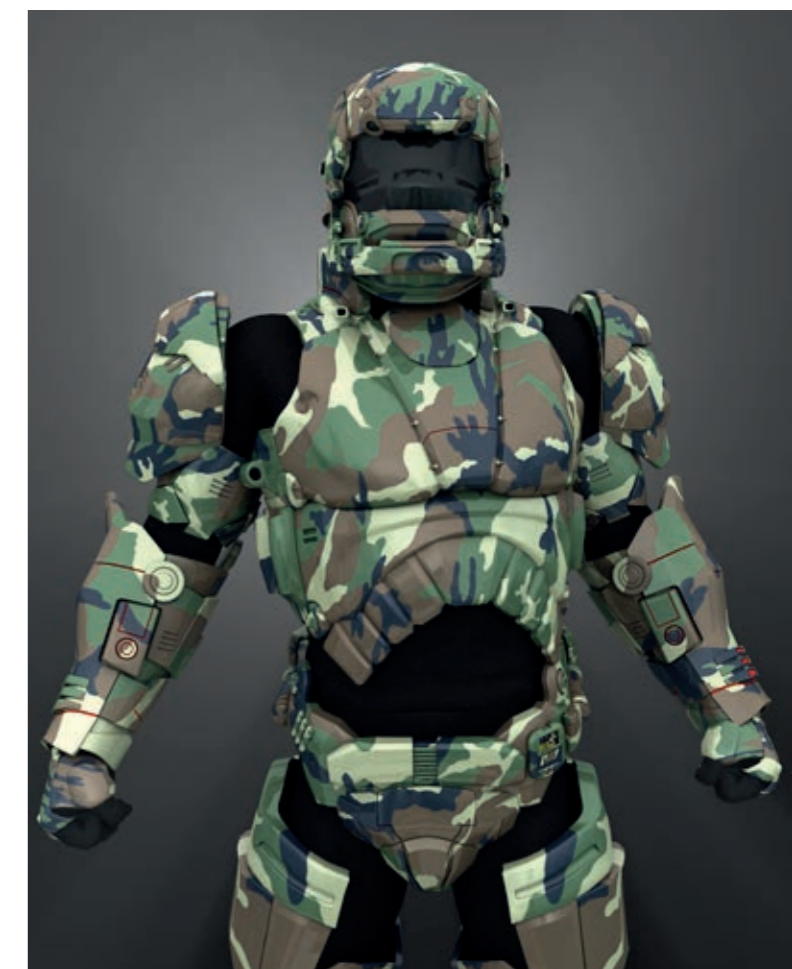
NATOn piirissä on esitelty myös fysiologisen rasituksen mittaamiseen ja seurantaan tarkoitettua puettavaa biosensorista COTS (Commercial of the shelf) -teknologiaa. Seurannan avulla on kyetty suojelemaan sotilaita ylikuormitukselta, lämpöhalvauksilta ja rasisusvammoilta sekä auttamaan heitä ymmärtämään oman suorituskykynsä rajat ja optimaaliset etenemisnopeudet eri ympäristöissä. Sydämensykkeen mittaamisen seurannassa havaittiin erityisen korkeaksi kohonneen sykkeen olevan merkki ahdistuksesta, kohonneesta valmiustilasta, altistuksesta taistelukaasuille tai runsaasta verenvuodosta.

## Sisäiset teknologiat

Sisäisillä teknologioilla tarkoitetaan ihmiskehon sisälle asennettavia tai kehoa muokkaavia teknologioita, kuten (1) suorituskykyä tehostavia lääkkeitä, (2) transhumanismia, kyborgismia ja

implantteja, (3) geeni- ja neuroteknologioita (mm. neurosimulaatio) sekä aivokäyttöliittymiä.

Ihmisen työsuorituskykyä, muistia ja oppimista voidaan tehostaa esimerkiksi modafiniilillä ja metyylifenidaatilla. Ne vaikuttavat aivojen dopamiini- ja noradrenaliinitasoihin vireyttä nostavasti sekä lisäävät työmuistin kapasiteettia ja kognitiivista suorituskykyä erityisesti haastavissa tehtävissä. Virallisesti niitä, kuten myös valmiutta parantavia ampakiineja, käytetään mm. univajeesta johtuvan suorituskyvyn heikkenemisen hoidossa. Lääkkeiden valmistuksessa voidaan hyödyntää myös nanomateriaaleja, joiden avulla lääke saadaan vapauttamaan vaikuttavat ainesosat täsmälleen halutussa paikassa ja lääkkeen vaikutusta voidaan kontrolloida tarkemmin.



Tulevaisuuden taistelija.

(Kuva: DarkGeometryStudios/Shutterstock.com)

## Transhumanismi, kyborgismi ja implantit

Ihmisen ja teknologian fuusion myötä ihminen voidaan nähdä osittain em. synteesinä eli kyborgina. Transhumanistisen ajattelumallin mukaan ihminen on kyvyiltään keskeneräinen olento, jota voidaan muokata haluttuun suuntaan hyödyntämällä vastuullisesti tiedettä ja teknologiaa. Toimintakykyä voidaan pyrkiä tehostamaan muun muassa asentamalla implantteja; menetettyä näkökykyä voidaan palauttaa verkkokalvoimplanteilla, kun taas bionisella silmäimplantilla korvataan kokonaan menetetty silmä. Tulevaisuus voi tuoda jopa kyvyn aistia infrapuna- tai ultraviolettilvaloa sekä nähdä pimeässä, millä olisi erityisen suuri merkitys sotilaan toimintaympäristössä.

Hermostollisia proteeseja, jotka on kehitetty korvaamaan menetettyä aivokudosta, voidaan terveillä henkilöillä käyttää aivojen toimintakyvyn tehostamiseen esimerkiksi motoristen taitojen tai oppimistulosten kehityksessä. Vastaavaa menetelmää on käytetty halvaantuneen ihmisen motoriikan palauttamiseen siten, että nelirajahalvaantunut potilas pystyi hoidon jälkeen tarttumaan itse vesilasiinsa tai käyttämään pelikonsoliaan. Tulevaisuudessa menetelmän tavoitteena on palauttaa ihmisen toimintakyky ennalleen jopa aivoinfarktin tai koomasta heräämisen jälkeen.

## Geeni- ja neuroteknologia

Geenitekniikka on elävien organismien perintötekijöiden eli geenien keinotekoisista muokkaamista. DARPA:n mukaan tulevaisuudessa geneettisellä muuntelulla voidaan pyrkiä saamaan aikaan fyysisiltä ja henkisiltä ominaisuuksiltaan ylivoimaisia ”supersotilaita”, jolloin esimerkiksi ihmisen oman rasvan käyttäminen puhtaammin energiaksi vähentäisi ruoantarvetta. Nanolääketieteen puolelta molekulaarinen nanoteknologia voi mahdollistaa nanorobottien kehittämisen. Ne nopeuttavat fyysisistä vammoista toipumista solunkorjauksen avulla. Glukoosin kuljetusta varten muokatut nanopartikkelit voivat aktivoida insuliininerityksen ruuansulatuskanavasta maksaan siirtyessään, kun glukoositaso nousee tarpeeksi korkeaksi. Vastaavaa tekniikkaa voitaisiin käyttää kemiallisten aseiden sisäiseen torjuntaan sotilailla, jolloin kohdennettuja partikkeleita käytettäisiin suoraan vasta-aineina. Biomorfiset robotit puolestaan toimisivat 3D-printtauksen tuotoksina ja voisivat korvata jopa terveitä elimiä ja saada geenimuuntelusta lisäominaisuuksia.

Neuroteknologiaan pohjautuvaa aivojen sähköistä stimulaatiota on käytetty mm. kivun lievittämiseen, näkökykyä haittaavien ongelmien ja vaurioiden hoitoon sekä tiedonkäsittelyn tehostamiseen. Ns. transkraniaalista magneettistimulaatiota on hyödynnetty kognitiivisten toimintojen tehostamisessa mm. madaltamalla ärsykekyynyttä ja tehostamalla motoriikan harjoittelua.

## HCI, tekoäly ja aivokäyttöliittymät

HCI (Human-Computer Interaction) tarkoittaa ihmisen ja tietokoneen välistä vuorovaikutusta ja sen tutkimusta. HCI:n tavoitteena on kehittää luonnollisia ja monipuolisesti ihmisen piirteitä huomioon ottavia vuorovaikutustekniikoita ja -ratkaisuja. Tekoäly (Artificial Intelligence, AI) on yksi tapa jäsentää vuorovaikutusta. Tekoälyn piirissä tutkitaan yhtäältä, kuinka koneet voidaan saada jäljittelemään inhimillisen älykässtä käyttäytymistä, ja toisaalta, kuinka koneiden avulla voidaan muodostaa sisältökuvia inhimillisen älykkyyden luonteesta. Nykyisin painotetaan tieteen, luonnollisen ja puhutun kielen prosessoinnin, visuaalisen hahmon tunnistuksen ja erityisesti robotiikassa fyysisen näppäryyden jäljittelyä.

Tulevaisuudessa ihmisen ja koneen vuorovaikutustekniikat kehittyvät yhä monipuolisemmiksi. Muun muassa erilaisiin modaaliteetteihin (ääni, tunto, liike) perustuvat käyttöliittymät kehittyvät ja yleistyvät. Näyttötekniikka voi tulevaisuudessa kehittyä siten, että suoraan verkkokalvolle kuvan piirtävät näytöt eivät vaadi käyttäjältä enää laseja tai kypäriä. Pisimmälle viedyssä visiossa ihmisen aivot toimivat suoraan käyttöliittymän osana.

Aivokäyttöliittymät BCI:t (Brain-Computer Interface) perustuvat ihmisen aivosignaalin mittaamiseen pään pinnalta. Kyseisissä käyttöliittymissä pyritään aivojen ja toiminnan suoraan yhteyteen vahvistamalla spesifejä toimintaa ohjaavia aivoprosessien signaaleja ja visualisoimalla toiminnan tuloksia käyttäjälle. Tällöin toiminnanohjaus nopeutuu, mikä olisi erityisen tärkeää sotilaan korkean riskin toimintaympäristössä. Vastaava BMI (Brain-Machine Interface) pystyy automaattisesti rekisteröimään esimerkiksi vireystilaa ja jakamaan tehtäviä laitteen ja käyttäjän välillä. Tulevaisuuden visiossa laitteella voidaan auttaa käyttäjää navigoimaan kesken aseiden käsittelyn tai tienvarsiopomien hävityksen, mikä lisää käyttäjän turvallisuutta ja mahdollistaa kognitiivisten toimintojen paremman tarkentamisen käsillä olevaan tehtävään.

## Lopuksi

Teknologiasta huolimatta ihmisen kognitiiviset taidot, kyky tulevaisuuden suunnitteluun sekä sopeutuminen muuttuviin tilanteisiin ovat edelleen ylivoimaisia koneisiin nähden. Avainasemassa on älykkäiden ja itsenäisten järjestelmien kehitys, jotta operaatiossa sotilaan huomio voi keskittyä tärkeimpään. Toimintakyvyn kehittämisen taustana on henkisesti ja fyysisesti terveen, harkintakykyisen sekä hyvin koulutetun sotilaan raamit, johon voi rakentaa lisää optimoituja apuvälineitä, jolloin ihmisyyden ja sinnikkyuden luoma kokonaisuus pystyy yllättävän tilanteen vaatiessa toimimaan koulutetulla tai jopa omat rajansa ylittävällä tavalla.

## Toimintakyvyn laajentamisen tavoitteet:

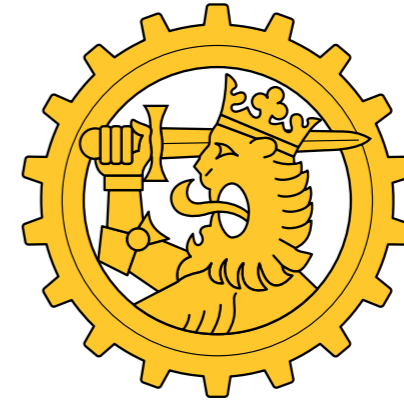
- kommunikaation paraneminen
- fyysisen suorituskyvyn maksimointi
- muistin ja ongelmanratkaisukykyyn tehostaminen
- uusien kykyjen luominen, mm. pimeänäkökyky.

## Kirjoittajat:

FT Kari Kallinen toimii johtavana tutkijana Puolustusvoimien tutkimuslaitoksen toimintakykyosastossa. Kaartinjääkäri, lääketieteen ylioppilas Heidi Kettunen toimii tutkimusavustajana Puolustusvoimien tutkimuslaitoksen toimintakykyosastossa.



Näkökyvyn tehostaminen. (Kuva: NEstudio/Shutterstock.com)



**Sotilaslääketieteen keskus**

# Biologisten uhkien osaamiskeskus – Puolustusvoimien ja Terveyden ja hyvinvoinnin laitoksen yhteisorganisaatio

Biologisten uhkien osaamiskeskus (BUOS) on Puolustusvoimien Sotilaslääketieteen keskuksen (SOTLTK) ja Terveyden ja hyvinvoinnin laitoksen (THL) yhteinen asiantuntijaorganisaatio, joka arvioi bioturvallisuutta uhkaavia riskejä, tutkii biouhkia aiheuttavia mikrobeja sekä kehittää mikrobien havaitsemis- ja torjuntamenetelmiä.

BUOS yhdistää PV:n ja THL:n resurssit biologisten uhkien torjunnassa ja uhkiin varautumisessa koskien erityisesti tahallisen levityksen uhkaa ja niiden arviointia. Yksi BUOS tehtävistä on ylläpitää kykyä tunnistaa biouhkeiksi luokiteltuja ja asekäyttöön soveltuvia taudinaiheuttajia sekä samalla kehittää valmiutta myös uusia biouhkeita, kuten lintuinfluenssa ja Ebola-virustauteja vastaan. BUOS:n laajaa biotunnistuskykyä voidaan hyödyntää myös antamalla virka-apua mm. poliisille ns. jauhekirjeiden tutkimiseksi.

BUOS kouluttaa PV henkilöstöä ja muita alan kansallisia toimijoita biouhkien alalla sekä jakaa tietoa bioturvallisuudesta ja bioturvaamisesta. BUOS on yksi Suomen bioturverkoston perustajaorganisaatioista. Normaalioloissa tehty viranomaisyhteistyö ja muu verkostoituminen luo valmiuksia poikkeusolojen toimintaa varten.

Puolustusministeriön ohjauksessa yhteistyö asevalvonnan alalla Ulkoministeriön kanssa on hyvin aktiivista, samoin kuin kansainvälinen asiantuntija- ja T&K -yhteistyö. Osana BUOS toimintaa SOTLTK:n Tutkimus- ja kehittämisosasto on saavuttanut kansainvälisesti arvostetun aseman biosuojelualan asiantuntijaorganisaationa. Tarttuvat taudit ja niiden mahdollinen aseikäyttö eivät kunnioita kansallisia rajoja tai sopimuksia. Siksi kansainvälinen yhteistyö kumppanimaiden kanssa on tärkeää.

## B-suojelun tukea CBRN-kenttälaboriolle ja KRIHA-operaatioihin

Yhdessä PVTUTKL kanssa BUOS on osallistunut suojelun erikoisosaston (SEO) käyttöön tarkoitetun analyttisen CBRN-kenttälaboratorion B-laboratorion suunnitteluun, toteutukseen sekä käytön ohjaukseen ja koulutukseen. BUOS on kehittänyt CBRN-kenttälaboratorion NATO STANAG mukaiset prosessit ja kenttäkelpoisia bioagenssien tunnistusmenetelmiä, joita voidaan hyödyntää myös SOTKRIHA-tehtävissä, esim. SKJL:n (Suomalainen kriisinhallintajoukko Libanonissa) suojelusuorituskyyvyn tukemisessa.



BUOS kehittää biouhka-agenssien tunnistusmenetelmiä ja kouluttaa niiden käyttöä suojelun erikoisosaston (SEO) CBRN-kenttälaboratoriorhymälle. (Kuva: TKOS arkisto)

## Maailmanlaajuisen terveysturvallisuuden asialla

BUOS:n asiantuntijoilla on ollut merkittävä rooli sekä Suomen 2015 johtamassa maailmanlaajuisessa terveysturvaohjelmassa (Global Health Security Agenda) että ko. ohjelman pohjalta kehitettyjen Maailman terveysjärjestön (WHO) vuoden 2016 alusta käyttöönottamien ulkoisten maa-arviointiprosessien luomisessa. Tätä toimintaa Suomi tukee Joint External Evaluation (JEE) -allianssin puheenjohtajanaan yhdessä Australian kanssa 2017–18. Suomen ulkoinen JEE arviointi tehtiin maaliskuussa 2017.

Yksi Suomen kansallisista sitoumuksista GHSA-ohjelmaan on SOTLTK:n toteuttama bioturvanhanke Tansaniassa. Ulkoministeriön rahoittama viisivuotinen hanke on myös Suomen kontribuutio G7 maiden Global Partnership (Against Weapons and Materials of Mass Destruction) ja YK:n alaiseen Biologistet aset kieltävään BTWC-sopimukseen.

Bioturvahankkeella vahvistetaan Tansanian bioturvallisuutta, ymmärrystä biologisista uhkista sekä kykyä tunnistaa vaarallisia kulkutauteja ja kuolleisuutta aiheuttavia mikrobeja. Hanke vahvistaa PV:n valmiuksia tunnistaa biouhka-agensseja vaativissa kenttäolosuhteissa, ja samalla lisää PV:n kykyä varautua bioaseen käytön uhkaa vastaan. Kehitysmaissa kulkutauteja aiheuttavat mikrobit ovat samoja joita kehittyneissä maissa käsitellään biouhka-agensseina.



Tansanian bioturvanhankkeessa koulutetaan paikallisia asiantuntijoita ja viranomaisia varautumaan biouhkiin ja tunnistamaan niitä mm. kenttäkelpoisten biotunnistuslaitteiden avulla. Samaa osaamista käytetään SEO:n ja BUOS:n laboratorioissa. (Kuva: TKOS arkisto)

Yhteistyökumppanina Tansaniassa toimii paikallinen julkisen sektorin laboratorio, Tanzania Veterinary Laboratory Agency (TVLA). Yhdysvaltalainen EcoHealth Alliance suoritti hankkeen ulkoisen arvioinnin huhtikuussa 2017, ja totesi hankkeen olevan aikataulussaan ja saavuttaneen sille tähän asti asetetut laajat tavoitteet. Bioturvahankkeen vaikuttavuus paikallisella, kansallisella ja kansainvälisellä tasolla on ollut kiitettävää. Tämä on melkoinen saavutus vaativalle usean eri valtionhallinnon sektorin väliselle urauurtavalle kansainväliselle kehitysyhteistyöhankkeelle.

Yksi PV:n tuoma lisäarvo onkin suojelulääketieteen osaamisen lisäksi ollut selkeä hankkeen johtamiskyky. Tästä on seurannut eri toimijoiden hyvä mehenki ja sitoutuminen hankkeen totutukseen sekä Suomessa että Tansaniassa. Hankkeen kustannustehokkuus ja ulkoisen arvioinnin mukainen poikkeuksellisen laaja vaikuttavuus on herättänyt mielenkiintoa mm. US-puolustushallinnossa.



Näytteenottoa Masaai-karjasta Tansanian savannilla. Kehitysmaissa taudit leviävät helposti villieläimistä karjan kautta ihmiseen. Kehittyneissä maissa biouhka-agensseiksi luettavat taudinaiheuttajat aiheuttavat kehitysmaissa yleisesti zoonoottisia (eläinten ja ihmisen välillä leviäviä) tauteja. Kehitysmaiden kenttäolosuhteissa saatu kokemus on "live-agent"-koulutusta tehokkaimmillaan. (Kuva: TKOS arkisto)

### Kirjoittajat:

Professori Simo Nikkari johtaa Sotilaslääketieteen keskuksen tutkimus- ja kehittämisosastoa ja biologisten uhkien osaamiskeskusta.

Liina Voutilainen toimii erikoistutkijana Sotilaslääketieteen tutkimus- ja kehittämisosastossa biologisen suojelun tutkimusalalla.



**Maavoimien tutkimuskeskus**



# Tulevaisuuden panssarintorjunta – uhka vai mahdollisuus?

**Tässä artikkelissa tarkastellaan panssarintorjunta-aseiden yleisiä kehityssuuntia maailmalla. Artikkelin ensimmäinen osio käsittelee olalta ammuttavia lähipanssarintorjunta-aseita, ja toisessa osiossa painopiste on ohjusjärjestelmissä.**

Nykyaikainen taistelutila asettaa yhä enemmän vaatimuksia panssarintorjunta-aseiden teknisille ominaisuuksille ja suorituskyvylle. Panssaroitujen ajoneuvojen suojan ja aseistuksen jatkuva kehitys vaatii uusia innovaatioita panssarintorjunta-aseiden kehittämisessä. Perinteisten sinkoaseiden rinnalle ovatkin nousseet korkeatasoisia teknologiaa sisältävät ohjusjärjestelmät. Panssarintorjunta-aseiden käyttö ei enää

perustu pelkästään panssaroitujen kohteiden tuhoamiseen, vaan perinteisten ontelopanoksien lisäksi tarvitaan monikäyttöammuksia erilaisten kohteiden tuhoamiseksi.

Kaupallisilla markkinoilla olevat panssarintorjunta-aseet jakaantuvat pääsääntöisesti kahteen kategoriaan: kertakäyttöisiin tai ladattaviin järjestelmiin. Ladattavissa panssarintorjunta-aseissa (yli- tai alikaliiperinen) löytyy perinteisten panssarintorjunta-ammusten lisäksi laaja kirjo erikoisampumatarvikkeita, kuten savu- ja valaisuammuksia, sekä henkilöstöä vastaan tarkoitettuja sirpaleammuksia. Markkinoilla on myös panssarintorjunta-aseita, joiden ammuksen (esimerkiksi TBG-32V) suorituskyky perustuu thermobaariisiin

Nykyaikainen taistelutila asettaa yhä enemmän vaatimuksia panssarintorjunta-aseiden teknisille ominaisuuksille ja suorituskyvylle. (Kuva: Puolustusvoimat / Satu Hujanen)



ominaisuuksiin. Panssaroitujen ajoneuvojen lisäpanssarointia vastaan on kehitetty usealla taistelukärjellä (tandem warhead) varustettuja ampumatarvikkeita.

Viimeaikaisten konfliktien perusteella panssarintorjunta-aseiden valmistajat ovat huomioineet tuotekehityksissään yhä enemmän rakennetun alueen erityispiirteet. Tilanteissa, joissa ampumaetäisyydet jäävät hyvin lyhyiksi ja käytettävissä oleva tila on rajoittunut, vaaditaan panssarintorjunta-aseilta uudenlaista suorituskykyajattelua. Monikäyttöisten ampumatarvikkeiden ansiosta panssarintorjunta-aseita voidaan käyttää tehokkaasti niin kulkuaukkojen puhkaisuun rakenteissa kuin miehitettyjen kohteiden tuhoamiseenkin. Vastamassan ansiosta aseista taaksepäin purkautuvaa painetta saadaan pienennettyä, joten panssarintorjunta-aseita voidaan käyttää hyvinkin pienissä tiloissa. Aseen koko (noin 1 000 mm) ja keveys (3,5–13 kg) parantavat käsittelyä yllättävissä ja nopeutta vaativissa tilanteissa. Tuotekehityksessä pyritään hyödyntämään teknologiaa, jolla pienennetään visuaalista havaittavuutta. Tästä syystä panssarintorjunta-aseiden käytöstä muodostuvien äänen, paineen ja savujälkien vähentämiseen on kiinnitetty entistä enemmän huomiota.

Panssarintorjunta-aseiden osumatarkkuuden parantamiseksi on kehitetty tehokkaita tähtäinlaitteita. Pimeätoimintakyky saavutetaan erillisellä valonvahvistimella. Valonvahvistin voidaan kiinnittää aseeseen, tai ampuja käyttää taistelijan varusteisiin kuuluvaa erillistä valonvahvistinta. Kiinnityskiskoilla mahdollistetaan muun muassa erikoisoptiikan, kuten lämpötähtäimen, kiinnittäminen aseeseen. Lisäksi panssarintorjunta-aseisiin voi sisältyä tekniikkaa, joka laskee kohteen liikenoikeuden ja mittaa etäisyyden. Panssarintorjunta-aseiden käytettävyydessä tämä tarkoittaa sitä, että järjestelmää kyetään käyttämään lähes kaikissa sääolosuhteissa ja kaikkina vuodenaikoina.

Modernien panssaroitujen ajoneuvojen jatkuva suojan kehittäminen asettaa vaatimuksia myös panssarintorjunta-ohjuksien kehitykselle. Panssarintorjuntaohjusjärjestelmät koostuvat pääosin laukaisuyksiköstä ja ohjuslaukauksesta, jotka voidaan kiinnittää erilaisille jalustoille. Järjestelmiin sisältyy lähes poikkeuksetta lämpötähtäin, joka mahdollistaa tehokkaan käytön niin valoisalla kuin pimeälläkin. Ohjusjärjestelmät mahdollistavat tehokkaan panssarintuhoamiskyvyn eri etäisyyksille alkaen 20 metrin lähitorjunnasta aina 4 000 metrin kaukotorjuntaan asti. Uuden sukupolven (5th generation) pitkänkantaman panssarintorjuntaohjuksilla ampumaetäisyyttä on saatu kasvatettua 5 000–10 000 metriin. Pitkänkantaman ohjuksien kuljetusalustoina toimivat maa-joukkojen käyttämien jalustojen lisäksi ajoneuvot, laivaston taistelualukset ja taisteluhelikopterit.

Ohjusjärjestelmien käyttötavat ovat ”Ammu ja unohda” (Fire&Forget) tai ”Ammu ja tarkkaile” (Fire&Observe). Ampuja voi halutessaan lukita ohjuksen kohteeseen ennen

laukaisua tai vasta laukaisun jälkeen, jolloin lukitus kohteeseen tehdään ohjuksen lennon aikana. Tiedonsiirto ampumalaitteen ja ohjuksen välillä tapahtuu pääosin optista kuitua pitkin. Uuden sukupolven NLOS-ohjukset (Non-Line-Of-Sight) eivät vaadi perinteisiä ohjauskuituja, vaan ennen laukaisua ohjukselle syötetään kohteen summittainen paikkatieto. Ohjuksen lennon aikana paikkatietoa voidaan päivittää siten, että ohjus osuu valittuun kriittiseen kohteeseen. Tehokkaan rakettimeoottorin ansiosta ampumaetäisyyttä voidaan kasvattaa jopa 30 kilometriin.

Tulevaisuuden ohjusjärjestelmille tyypillisiä ominaisuuksia ovat keveys, liikkuvuus ja tehokas suorituskyky. Järjestelmien keveys mahdollistaa operoinnin pienryhmissä (2–3 taistelijaa). Ohjusjärjestelmien käytettävyyttä esimerkiksi rakennetulla alueella lisää kompakti koko (noin metri) ja keveys (25–30 kg). Vastamassa mahdollistaa ohjuksen laukaisun sisätiloista. Ohjuksien älykkäät hakupäät varmistavat tarkan osuman kohteessa, oli kohde sitten asepesäke tai panssaroitu ajoneuvo. Ohjusten hakupään sensoreilla mahdollistetaan operointi niin valoisalla kuin pimeälläkin. Panssarintorjuntaohjusten hyökkäysprofiilit muodostuvat suora- (Direct Attack) tai kattohyökkäyksestä. (Top Attack). Ohjuksen lentoratoja (Low, High) voi ampuja muokata vallitsevien olosuhteiden ja taistelutilanteen mukaan. Lisäpanssaroinnilla varustettua modernia taisteluväunua vastaan vaaditaan ohjuslaukaukselta lisäsuorituskykyä. Tästä syystä ohjusteknologian kehityssuuntaa tandemtyyppisten taistelukärkien valmistuksessa on lisätty viime vuosina.

Panssarintorjunta-aseiden kehittäminen ei pelkästään perustu olalta laukaistavien sinkojen tai ohjusjärjestelmien kehittämiseen, vaan ne tulee nähdä osana kokonaisuutta, johon sisältyvät kehittyneet panssarivaunujen ampumatarvikkeet, tykistön ja kranaatinheittimien erikoisampumatarvikkeet sekä älykkäät panssarimiinat. Lisäksi uutena kehityssuuntana voidaan tarkastella lennokkien hyödyntämistä panssarintorjunnassa. Teknologiakehityksen myötä lennokkeja voidaan käyttää tehokkaasti lisäensoreina tai jopa kuljetusalustoina panssarintorjuntaohjuksille.

#### Kirjoittaja:

Kapteeni Erno Salo toimii tutkijapuheerina Maavoimien tutkimuskeskuksen tutkimus- ja kehittämisosastossa.

# UAV-uhka 2030-luvulla



Grafiikka: Niko Savola

## Tutkimuksen tavoitteet

**Maataistelukeskus tutkii vuosien 2017–2018 aikana UAV (Unmanned Aerial Vehicle) -uhkan muodostumista. Tavoitteena on selvittää miehittämättömien ilma-alusten muodostama uhka, maavoimien keinot havaita ja torjua miehittämättömät ilma-alukset sekä maavoimien toimintaperiaatteiden sekä passiivisen suojan menetelmien käyttö ja niiden kehittämistarpeet UAV-uhkan hallinnassa.**

Kyseinen tutkimus on laaja kokonaisuus, koska siinä tarkastellaan uhkan muodostumista normaalioloissa, normaaliolojen häiriötilanteissa sekä poikkeusoloissa. Tämä pitää sisällään kaiken kokoluokan miehittämättömät ilma-alukset aina muutaman kymmenen sentin mikroluokan ilma-aluksista suuriin yli kymmenen metrin siipivälillä oleviin sotilaallisiin miehittämättömiin ilma-aluksiin. Vastaavasti tilannekuvaukset vaihtelevat esimerkiksi rauhan aikana tapahtuvasta lennokin tunkeutumisesta varuskunta-alueelle jopa aseistetun sotilaskäytössä olevan miehittämättömän ilma-aluksen torjuntaan.

Aihepiiri on tällä hetkellä erittäin ajankohtainen, koska usealla taholla on vasta herätty UAV-laitteiden suorituskykyyn ja -potentiaaliin. Tutkimus koordinoidaan muiden puolustushaarojen kanssa mahdollisten yhteisten ratkaisujen löytä-

seksi. Elokuussa luonnosasteelle laadittu Puolustusvoimien UAV-konsepti toimii perustan määrittävänä asiakirjana.

Tutkimuksen tarkastelupisteet ovat nykytila ja 2030-luku. Kumpaankin aikaikkunaan pyritään muodostamaan kuva siitä, millaisia uhkia UAV:t muodostavat ja mitä keinoja niiden torjuntaan on olemassa. Näiden tulosten perusteella muodostetaan maavoimien UAV-uhkan hallintakonseptille luonnos sekä vaatimukset kehitettävälle suorituskyvyille.

## Tutkimuksen toteutus ja sen vaiheet

Tutkimus on jaettu kolmeen eri vaiheeseen. Tutkimuksen ensimmäisessä vaiheessa kartoitettiin olemassa olevat valmiit tutkimukset sekä tällä hetkellä Puolustusvoimissa olemassa olevat tutkimukset. Varsin pian selvisi tarve koordinoinnille Puolustusvoimien sisällä, ja tämän perusteella maataistelukeskuksen edustajat osallistuivat UAV-toimintaan liittyvien eri työryhmien toimintaan.

Lisäksi yhtenä keinona koettiin yhden keskeisen foorumin, Taistelukeskuspäivien, roolin korostaminen tutkimuskentän selventäjänä. Toukokuussa 2017 pidettiin Haminassa Taistelukeskuspäivät, jossa oli edustajia Puolustusvoimien tutkimuslaitokselta sekä kaikkien puolustushaarojen tais-

(Kuva: Aurelie Stenman, Pixabay)



telukeskuksista. Tilaisuudessa esiteltiin aihepiiriin liittyviä tutkimuksia, jotta kyettiin muodostamaan yhteinen kuva UAV-tutkimuksesta Puolustusvoimissa.

Tämä pohjatyö yhdistettynä Puolustusvoimien UAV-konseptityöhön loi tutkimuksen seuraavaan vaiheeseen etenemisen edellytykset. Toisessa vaiheessa tutkittiin omia suorituskykyjä ja niiden käytettävyyttä UAV-uhkan torjunnassa. Tämä työ pohjautui asiantuntijakommentteihin ja käytännön havaintoihin eri harjoituksissa, kenttäkokeissa sekä oikeissa UAV-havaintotilanteissa eri varuskunnissa. Näiden kahden vaiheen tuloksena syntyi kuva tämän hetken suorituskyvystä ja kyettiin laatimaan esitys mahdollisista lyhyen aikavälin toimenpiteistä oman toiminnan kehittämiseksi.

Tutkimuksen kolmannessa vaiheessa vuoden 2018 aikana on tarkoitus luoda Maavoimien UAV-konsepti, jolla luodaan askelmerkit Maavoimien UAV-vastaiselle toiminnalle aina vuoteen 2030 asti. Tavoitteena on myös määrittää suorituskyvyn kehittämisen eri vaiheet ja vaatimukset tulevalle kymmenen vuoden ajanjaksolle.



(Kuva: English, Pixabay)

## Havaintoja tutkimuksen toteutuksesta

UAV-tutkimuksen toteutus nykytilassa on varsin haastavaa. Kokonaisuuden käsittäminen vaati paljon taustatyötä, ja uut-ta tutkimustulosta tai tutkimuksen tekoon vaikuttavaa tietoa syntyykin jatkuvasti lisää niin siviili- kuin sotilassektorillakin. Puolustusvoimien UAV-konsepti on tuonut oman perustansa tutkimukselle, jonka myötä voidaan todeta tiettyjen yhteisten määrittävien tekijöiden ohjaavan eri puolustushaarojen toimintaa. Samoin eri puolustushaarojen asiantuntemuksen yhdistäminen tutkimuksessa on ollut keskeistä UAV-uhkan hallintatutkimuksen toteutuksen kannalta. Kenttätutkimuksia on kyetty toteuttamaan joustavasti ja varsin nopeasti tarpeen ilmennyttyä. Vaikka laadukkaassa tutkimuksessa korostuu aina suunnitelmallisuus, on joskus oltava myös ketterä ja joustava tutkimuksen toteutuksessa saadakseen tarvittavaa tietoa.

Yhteenvedona voidaan todeta tämän erittäin ajankohtaisen tutkimuksen toteutuksen olevan haastavaa mutta varsin tarpeellista, jotta Maavoimat kykenee vastaamaan tämän päivän uusiin ja aiemmasta poikkeaviin haasteisiin.

### Kirjoittaja:

Majuri Olli-Pekka Paju on toiminut Maavoimien tutkimuskeskuksen maataistelukeskuksessa tutkijaesupseerina ja pioneiritutkimusalojohtajana.



**Satakunnan lennosto**  
**Ilmataistelukeskus**

# Lentokaluston taktisen käytön kehittäminen 2 -tutkimushanke

Lentokaluston taktisen käytön kehittäminen 2 -tutkimushanke toteutettiin vuosina 2013–2016. Tavoitteena oli kehittää Ilmavoimien ja ilmatorjunnan suunnittelu- ja analysointivälineitä sekä menetelmiä. Ilmavoimien esikunta ja Satakunnan lennosto vastasivat tutkimuksen valmistelusta ja ohjaamisesta, ja logistiikkalaitos vastasi hankehallinnasta. Kyseessä oli usean tahon yhteistyönä toteutettu hanke. Edellä mainittujen lisäksi mukana työssä olivat PVTUTKL, Patria, Aalto-yliopisto, Tampereen teknillinen yliopisto, AeroRD Oy ja VTT Espoo.

Ilmataisteluun liittyvät taistelutekniset taktiset teemat eivät muutu vuosittain. Lentomekaniikka, ilmatilannekuva ja sen jakaminen, maalittaminen sekä asejärjestelmien hakeutumiseen, häirintään ja väistämiseen liittyvät aiheet ovat pysyviä, samoin hävittäjävoiman ulottuvuuteen ja riittävyteen liittyvät kysymykset. Tutkimuksen perspektiivin on oltava vuosia kestävä kehittäminen, mutta samalla on varauduttava nopeisiin muutoksiin. Tavoitteena on se, että tuotetuilla menetelmillä ja välineillä voidaan tukea suorituskyvyn suunnittelua ja rakentamista, operatiivista suunnittelua ja tehtäväsunnittelua sekä parantaa harjoitus- ja koulutus toiminnan laatua.

Hankkeessa kehitettiin ilmalavonnan suorituskykyä hyödynnettäväksi valvonnan operatiivisessa suunnittelussa sekä alustaksi erilaisille häivemaali vs. sensorijärjestelmät-simulaatioille. Hankkeessa kehitetyt ohjusmallinnus- ja ratasimulaatiomenetelmät otettiin käyttöön uudessa oma-suojatoimenpiteiden optimointivälineessä, ilmasta-maahan reittioptimointimallissa, HN-tehtävänpurkujärjestelmässä ja HN-virtuaaliympäristössä. Lisäksi kehitettiin menetelmiä ja välineitä tutkasäteilyyn hakeutuvien ohjusten uhkan väistämiseen ja ilmapuolustuksessa käytettävien taajuuksien pseudosatunnaisen generointiin. Tutkimuksella parannettiin lentokoneen uhkasidonnoisia reittioptimointimenetelmiä ja kehitettiin todennäköisyysjakauman perustuva, pinnanmuotoja ja peitteisyyttä hyödyntävä ilmatorjuntauhkamalli pommien ja ohjusten reittioptimointiin. Taistelunjohtajajärjestelmän suorituskykyä lisättiin häirintäominaisuuksia ja Link-16-toiminnallisuuksia.

Kehitettävät menetelmät ja välineet parantavat kykyä arvioida omaa ja vastustajan suorituskykyä eri tilanteissa, myös vajavaisten lähtötietojen tapauksessa. Menetelmät ja välineet lisäävät ymmärrystä järjestelmiin liittyvistä mahdollisuuksista ja rajoituksista. Tutkimuksen tulokset auttavat toteuttamaan taisteluteknis-taktista T&K-toimintaa, jonka tulokset vievät operatiiviseen suunnitteluun ja taktiseen ohjeistukseen ja sieltä edelleen koulutukseen ja harjoitustoimintaan. Harjoitustoiminnasta ja operatiivisesta suunnittelusta kerätään palautetta tulevan tutkimuksen suuntaamiseen.

## Tutkimushanke toimintatapana – vertailua erillis-tutkimuksiin

Monivuotinen hanke on sopiva toimintatapa monisuuntaista yhteistyötä vaativaan tutkimukseen. Hankkeen valmistelua seuraavassa karsinta- ja valintavaiheessa tuloksiksi voi soveltaa kokonaisharkintaa tavalla, jolla saavutetaan parempi lopputulos kuin toteuttamalla tutkimukset erillisinä tilauksina. Myös hallinnollinen kokonaiskuorma vähenee ja resursseja voidaan keskittää hankkeen ohjaamiseen. Haasteena on sovittaa yhteen eri toimijat niin, että kokonaisuus etenee parhaalla mahdollisella tavalla.

Sotilasammattillisen ohjauksen riittävä laatu ja määrä ovat lopputulosten kannalta oleellisia. Yksi tapa lisätä tekijöiden kokonaisymmärrystä on pitää tutkijoita ja välinekehittäjiä sotaharjoituksissa joko hankkeen tai asevelvollisuuden puitteissa. Kehitetyt välineet ja menetelmiä voidaan tuoda harjoitustoimintaan hyvin aikaisessa vaiheessa, kun välineiden kehittäjät käyttävät niitä itse osana harjoitusta. Ohjaustarve päivittäisessä tutkimustyössä pienenee merkittävästi, kun tutkijoille muodostuu harjoitustoiminnassa käsitys siitä, millaista tietoa ja miten esitettyä Ilmavoimien toiminnassa tarvitaan.

Menetelmä- ja välinekehityksen irrottaminen yksittäisistä tutkimuksista vähentää osioimintia tutkimuskokonaisuuksien sisällä. Samoin pitempiaikainen hanke vähentää vaiheiden aloittamiseen ja lopettamiseen helposti liittyvää tempoilua ja parantaa siten merkittävästi tuottavuutta.

## Tieteellinen julkaisu toiminta – esimerkkinä lentomekaniikkaan liittyvä väitöskirja

Tutkimushankkeen ohessa julkaistiin useita tieteellisiä artikkeleita ja opinnäytetöitä, joista esimerkkinä TkT Timo Sailerannan väitöskirja Miehittämättömien lentolaitteiden lennon tarkastelu. Väitöskirjan sisältö liittyy aerodynamiikan, lentomekaniikan, lennonohjauksen ja ohjusten hakeutumisen tutkimukseen. Aerodynamiikan alueella väitöskirjassa kehitettiin Newtonin virtausteoriaan muutoksia, joilla tiivistymisaallot voidaan ottaa huomioon virtauskentässä. Malli tarkentaa laskentaa pienillä ylisoonisilla nopeuksilla, joilla on suuri merkitys käytännön sovellusten kannalta.

Tutkimuksessa tarkasteltiin myös adjoint-mallin (liittomalli) käyttöä ohjuksen maaliin hakeutumisessa. Tavoitteena on korvata yhdellä tietokoneajolla huomattava määrä työläitä ajan suhteen tehtyjä tarkasteluja. Menetelmää käytettiin arvioimaan lentokoneelle sopivaa tapaa liikehtiä ohjusta väistettäessä.



Ohjuksen väistö. (Kuva: Timo Saileranta)

### Kirjoittaja:

Insinööriajuri Matti Jalava toimii Satakunnan lennostossa ilmataistelukeskuksen tutkimusjohtajana.

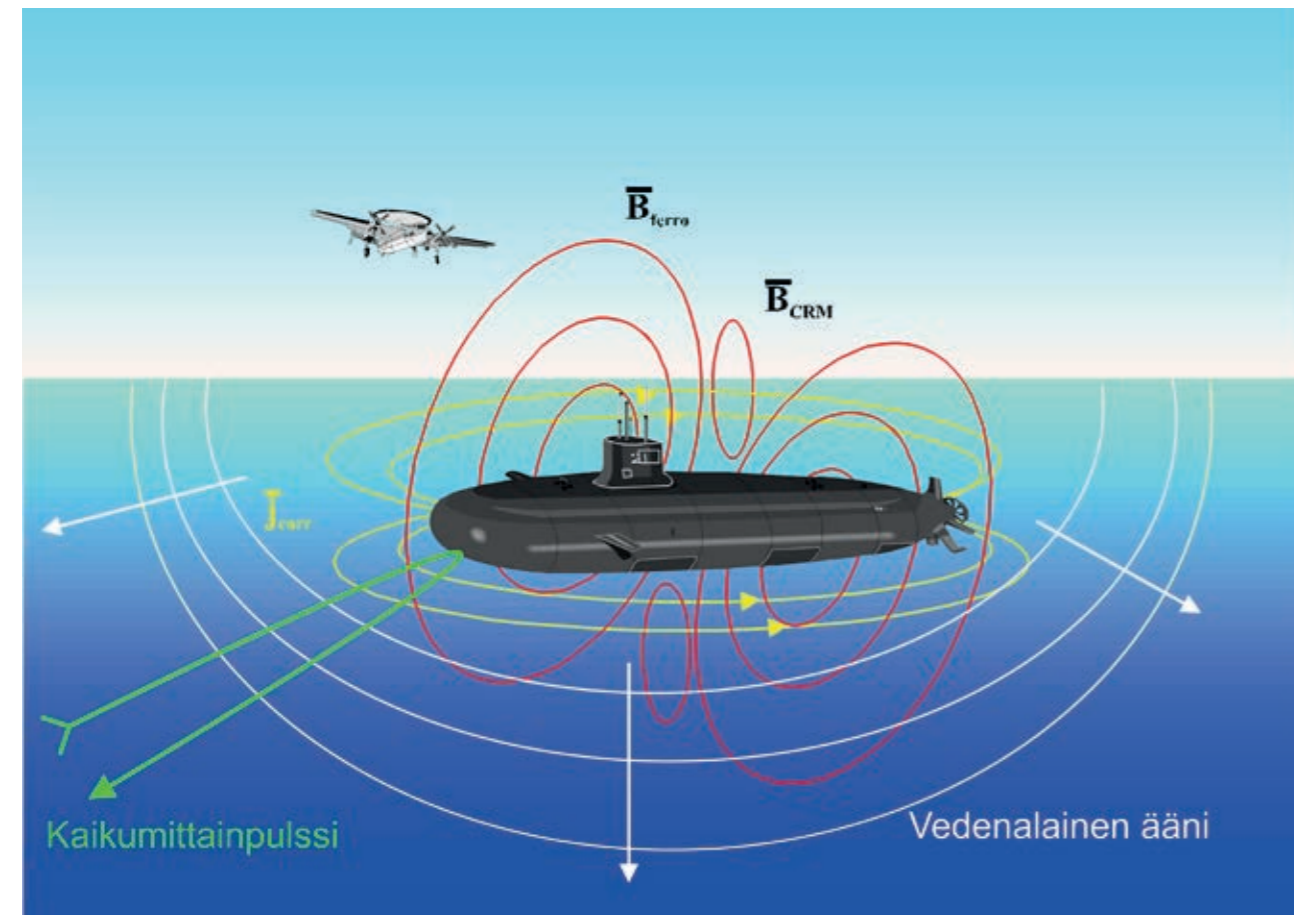


**Merivoimien tutkimuskeskus**

# Sukellusveneiden akustisten etsintämenetelmien optimointi Itämeren olosuhteisiin

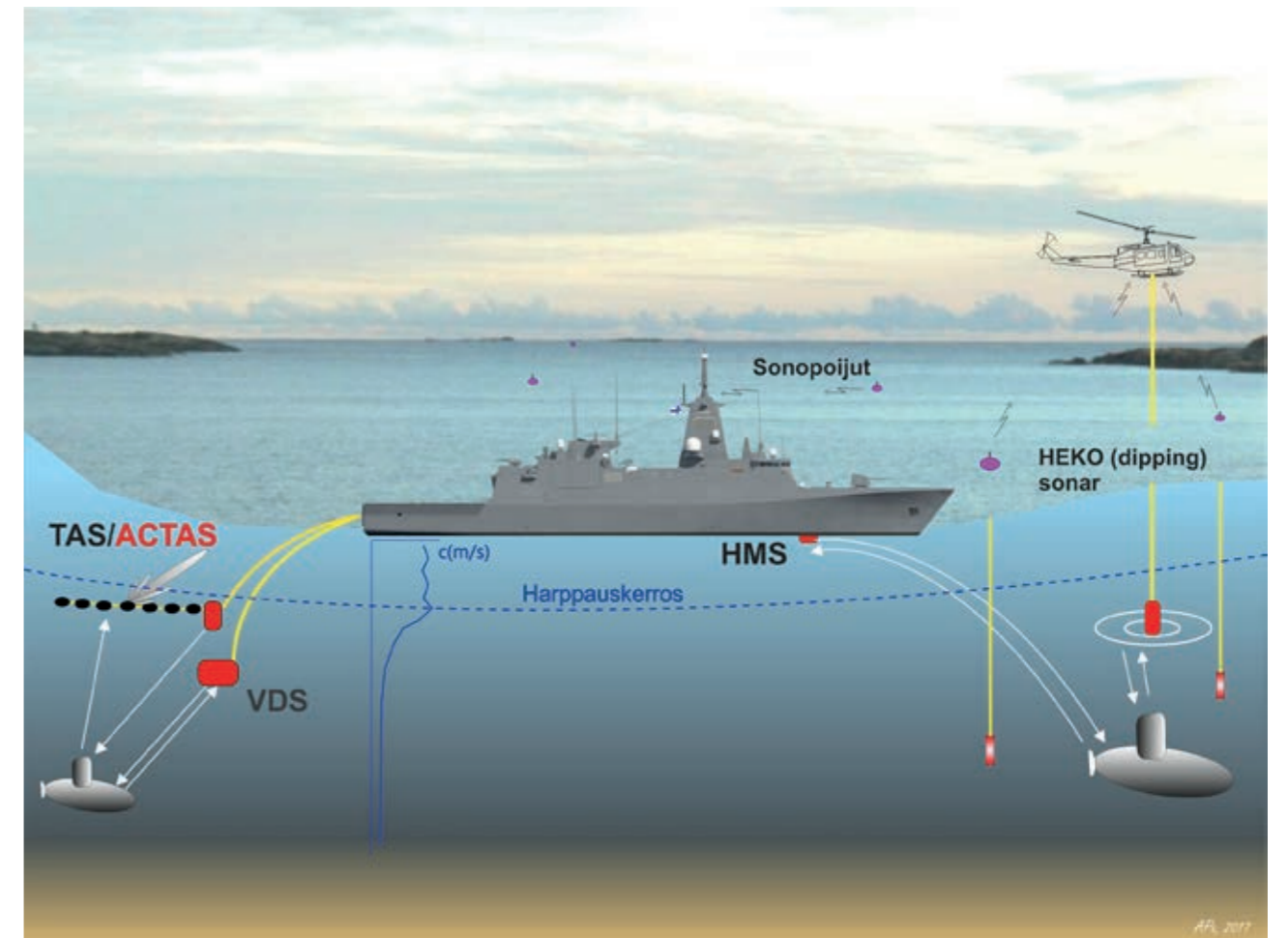
Merivoimissa on käynnissä kaksi isoa alushanketta: uuden Laivue 2020:n hankinnan valmistelu ja Hamina-luokan ohjusveneen peruskorjaus (LV2000 MLU). Puolustusvoimien logistiikkalaitos (PVLOG) hankkii näihin aluksiin sukellusveneentorjunta (SUTO-)järjestelmät, jotka parhaiten täyttävät Merivoimien niille asettamat suorituskykyvaatimukset alusten tulevissa toimintaympäristöissä. Sotalaivojen kaikumittain (sonar-)järjestelmät on tavallisesti suunniteltu käytettäväksi valtameriolosuhteissa. Suomalaisen sotalaivojen toimintaympäristö on kuitenkin Itämeri lahtineen, jonka erityispiirteitä ovat veden mataluus ja vähäsuolaisuus. Valtamerikäyttöön suunnitellut järjestelmät eivät välttämättä sovellu suoraan käytettäväksi matalissa ja vähäsuolaisissa vesissä, vaan niiden suorituskyky on optimoitava Itämeren olosuhteisiin sopivin parametrivalinnoin.

Kuva 1. Sukellusveneiden akustiset, magneettiset ja sähköiset herätteet.



## Sukellusveneiden fysikaaliset herätteet

Sukellusvene voidaan havaita akustisin menetelmin joko passiivisesti sen synnyttämän vedenalaisen äänen perusteella tai aktiivisesti käyttämällä sopivalla taajuudella toimivaa kaikumittainta. Uudet sukellusveneet ovat kuitenkin niin hiljaisia, että niiden passiivinen havaintoetäisyys voi erittäin hiljaisessa kulussa jäädä pahimmillaan vain kymmeneen metriin, jos vedenalainen kohinataso on tuulen ja vilkkaan laivaliikenteen takia korkea. Tämän takia passiivisen valvonnan huomio kohdistuukin enemmän sukellusveneiden lyhytkestoisiin ääniin, joita syntyy jonkin normaalista poikkeavan toiminnan seurauksena.



Kuva 2. Geneerisen sotalaivan tavallisimmat sonar-järjestelmät.

Kaikumittaimilla sukellusveneiden havaintoetäisyydet ovat suotuisissa olosuhteissa jopa kymmeniä kilometrejä. Vedenalaisille maaleille käytetään sähkömagneettikan tutkapaikkipinta-alan (RCS) kanssa identtistä lähdevoimakkuustermiä TS (Target Strength). Sukellusveneiden lähdevoimakkuudet (TS) ovat tyypillisesti 0–25 dB havaintosuunnan mukaan.

Sukellusveneitä voidaan etsiä myös niiden ympärilleen synnyttämien muiden fysikaalisten kenttien avulla. Näistä tärkeimmät ovat sukellusveneiden teräsrungon aiheuttama magneettikenttä ja rungon korroosionestojärjestelmän muodostaman suojavirran aiheuttama vedenalainen sähkökenttä. Lähikenttälouonteensa takia näiden ei-akustisten herätteiden havaintoetäisyydet ovat tyypillisesti kymmeniä metrejä – ja parhaimmillaankin ne jäävät vain satoihin metreihin. Sukellusveneiden selkein pinnan yläpuolella havaittava fysikaalinen heräte on sen teräsrungon aiheuttama magneettikenttä. Tämän takia lähes kaikkiin merivalvontalentokoneisiin (MPA) on asennettu magneettikenttää mittaava laitteisto MAD (Magnetic Anomaly Detector), kuva 1.

## Sotalaivan sonar-järjestelmät

Sotalaivojen sonar-järjestelmillä on tarkoitus havaita, tunnistaa ja luokitella vedenalaisia maaleja, joiden tyyppi vaihtelee yksittäisestä sukeltajasta tai torpedosta isoon rannikkosukellusveneeseen (esim. Kilo-luokka). Sonar-järjestelmä voi toimia vedenalaisen uhkan varoittimena, kuten miinanväistösonar (MAS) tai torpedovaroitin. Järjestelmässä on usein myös vedenalaisen kommunikaation toiminto. Siihen kuuluu tavallisesti vedenalainen puhelin ja laajakaistaiseen hajaspektri-tekniikkaan perustuva lähetystapa, joka mahdollistaa salatun ja vaikeammin havaittavan vedenalaisen akustisen viestinnän pinta-aluksen ja sukellusveneiden välillä.

Kuvassa 2 on esitetty nykyaikaisen sotalaivan käyttämiä sonar-järjestelmiä. Perinteisin sukellusveneetsintään tarkoitettu kaikumittain on runkoasenteinen sonar HMS (Hull Mounted Sonar). Sen havaintoetäisyydet jäävät kuitenkin varsin lyhyiksi, koska sonar-pulssi taipuu voimakkaasti pohjaa kohti lämpimän pintaveden alla olevan lämpötilan harppauskerroksen takia. Sukellusveneiden havaintoetäisyyksiä voidaan kasvattaa syvyttämällä kaikumittain harppausker-

roksen alapuolelle, jolloin sonar-pulssin taipuminen on vähäisempää. Tällaisia järjestelmiä ovat VDS (Variable Depth Sonar), ACTAS (ACtive Towed Array Sonar) ja sen passiivinen versio TAS. Se on lineaarinen hydrofonikaapeli, jossa suunnattu kuuntelu saadaan aikaan hydrofonisignaalien keulanmuodostuksella. Sukellusveneen maalinsoitukseen tehokain järjestelmä on helikopteriin asennettu veteen laskettava (dipping) sonar.

Vedenalainen yhteistoimintakyky eli ”interoperability” syntyy teknisellä tasolla taistelunjohtajajärjestelmän (CMS) ja käytettävien akustisten sensorien perusteella. Läntisten sonar-järjestelmien keskeisin ”yhteisen kaliperin” sensorikomponentti on sonopoiju, jonka toiminnallisuus ja tietoliikenne on hyvin standardoitu. Sonopoijuja käytetään pääasiassa lentokoneista ja helikoptereista mutta myös taistelualuksista. Ruotsin merivoimilla on sonopoijut käytössään NH-90-helikopterin lisäksi kolmella alusluokalla. Sonopoijuja on passiivisia ja aktiivisia, ja niitä voidaan käyttää myös torpedovaroittimina. Niiden huonoja puolia ovat kertakäyttöisyys ja tyyppisesti enintään kahdeksan tunnin käyttöaika.

### Kaikumittaimen parametrien optimointi

Kaikumittainten havaintoetäisyydet riippuvat voimakkaasti meriympäristön ominaisuuksista. Merkittävimmät akustisten järjestelmien havaintoetäisyyksiin vaikuttavat tekijät ovat lämpötilan kerrostuneisuus (äänennopeusprofiili) ja meren suolaisuus. Mitä suolaisempi merivesi ja mitä suurempi taajuus, sitä suurempi on meriveden kemiallinen absorptio, joka pienentää kaikumittaimen havaintoetäisyyksiä. Tultaessa Pohjanmereltä Itämerelle laskee meriveden suolaisuus vaihteittain valtameren arvosta 35 ppt (tuhannesosaa) lähes suolattomaan veteen (< 4 ppt) Suomenlahden ja Pohjanlahden pohjukoissa. Pohjoisen Itämeren suolapitoisuus on n. 6 ppt.

Äänen etenemiseen vaikuttaa voimakkaasti meren vertikaalinen äänennopeusprofiili (SVP), joka määräytyy pääosin meren lämpötilan kerrostuneisuudesta. Kesällä lämpimästä pintakerroksesta lähtenyt ääni taipuu voimakkaasti pohjaa kohti lämpötilan harppauskerroksen alapuolella (ks. kuva 2). Talvella taas meren pintakerros on kylmä ja vesi lämpenee syvemmälle mentäessä. Tällöin pintakerrokseen muodostuu äänikanava, jossa äänen vaimeneminen on pienempää kuin syvemmällä. Itämeren mataliin, voimakkaasti kerrostuneisiin vesiin soveltuvat parhaiten syvytettävät sonar-järjestelmät (ks. kuva 2), joissa äänilähettimen syvyitys voidaan optimoida toiminta-alueella mitatun lämpötilaprofiilin perusteella.

Havaintoetäisyyksiin vaikuttavat myös merenpohjan syvyys ja pohjan laatu. Matalaan veteen, jossa on epätasainen pohja, syntyy voimakas reverberaatio (jälkikaiunta), joka heikentää merkittävästi kaikumittaimen suorituskykyä. Voimakas reverberaatiotaso onkin Itämeren ja erityisesti Suomenlahden ma-

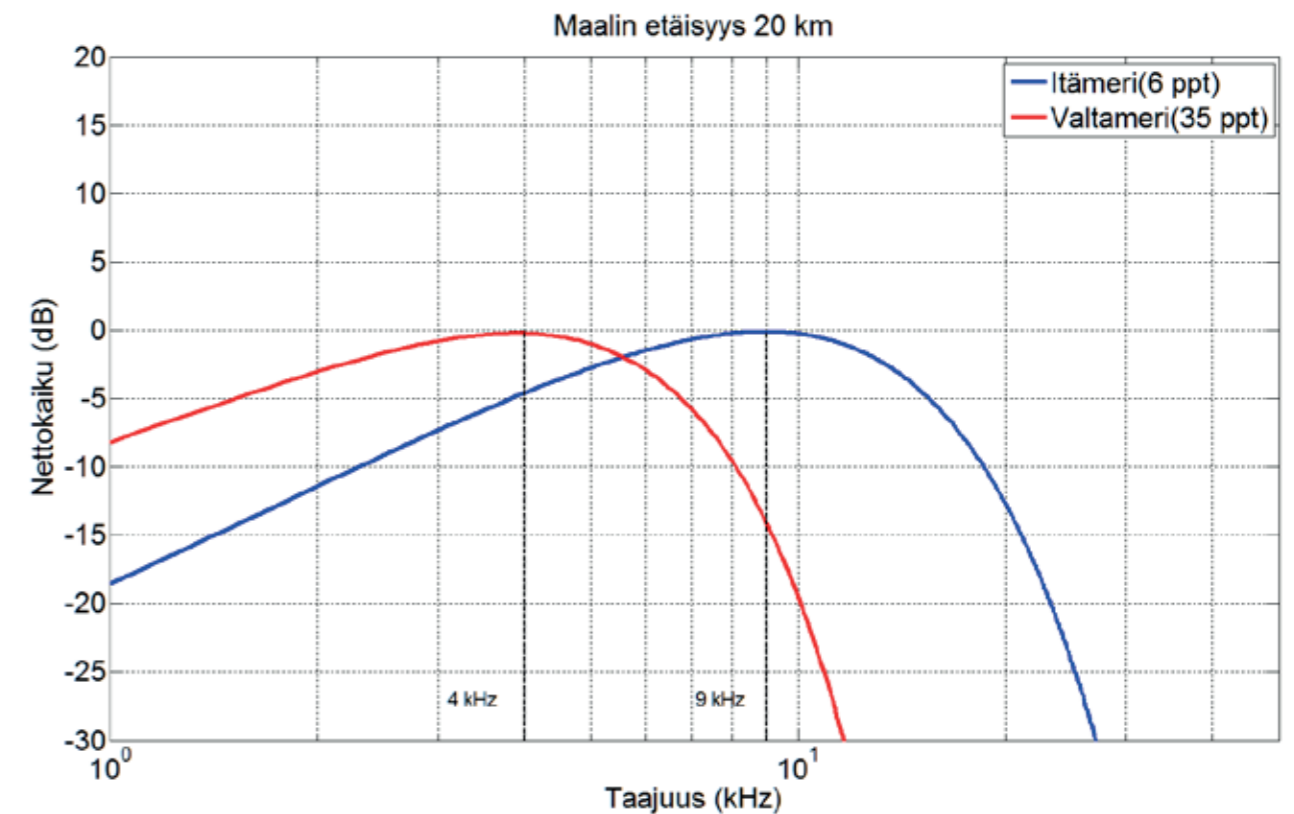
alien vesien erityispiirre. Reverberaation vaikutusta voidaan matalan veden sonar-järjestelmissä merkittävästi pienentää käyttämällä suuntaavia lähettämiä ja laajakaistaisia pulssimuotoja (pulssikompressio).

Sonar-järjestelmän taajuuden optimoinnilla on tarkoitus määrittää sellainen taajuusalue, jolla saavutetaan suurin havaintoetäisyys ja luokittelukyky aluksen toimintaympäristössä. Merkittävä havaintoetäisyyteen vaikuttava ympäristöparametri äänennopeusprofiilin, veden suolaisuuden (kemiallinen absorptio) ja reverberaation lisäksi on vedenalainen kohinataso (ambient noise). Matalilla taajuuksilla vedenalaista kohinaa aiheuttavat tuuli ja aallokko sekä laivamelu mutta absorptio on pieniä. Suuremmilla taajuuksilla taas kohinataso pienenee mutta absorptio kasvaa. Optimaalinen taajuusalue löytyy näiden välistä.

Matalilla taajuuksilla äänen aallonpituus kasvaa, jolloin aallonpituuteen nähden pienten kohteiden havaittavuus heikenee. Luokittelun kannalta kannattaisi käyttää niin suurta taajuutta, kuin vaadittava havaintoetäisyys vielä sallii.

Kuvassa 3 on mallinnettu 20 km:n etäisyydellä olevan geenisen maalin nettokaiku (Echo Excess) sekä Itämerelle että valtamerelle. Valtameren suuri suolapitoisuus vaimentaa kaikua voimakkaasti yli 7 kHz:n taajuuksilla. Itämerellä sama vaimennus saavutetaan vasta 16 kHz:n taajuudella. Itämeren optimi taajuusalue on tällä havaintoetäisyydellä 6–12 kHz ja valtameren vastaavasti 3–5 kHz. Jos järjestelmän tulisi kyetä toimimaan kummallakin merialueella, olisi optimitaajuusalue tällöin 4–7 kHz.

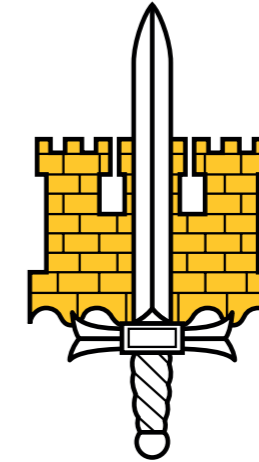
Kaikumittaimen optimitaajuus riippuu voimakkaasti maalin havaintoetäisyydestä. Alle 5 km:n etäisyyksillä kemiallisen absorptio vaikutus on vielä pieni, jolloin Itämeren optimitaajuus on n. 20 kHz ja valtameren vastaavasti n. 10 kHz. Valtamerillä toimivien suurten sota-alusten (fregatit ja hävittäjät) matalataajuiset LFAS (Low Frequency Active Sonar) -järjestelmät on suunniteltu havaitsemaan sukellusveneitä jopa 100 km:n etäisyydeltä. Maalin etäisyydellä 50–100 km on suolaisen meriveden kemiallinen absorptio jo niin suuri, että valtamerissä kaikumittaimen optimitaajuus laskee alueelle 1–2 kHz. Käytössä olevat LFAS-järjestelmät toimivat juuri tällä taajuusalueella. Itämerellä samaa etäisyyttä vastaava taajuusalue on 4–6 kHz, mikä antaa paremman erottelukyvyn ja mahdollistaa laajakaistaisempien pulssien käytön reverberaation vaimentamiseksi.



Kuva 3. Kaikumittaimen optimitaajuus Itämeren ja valtameren olosuhteissa vedenalaiselle maalille, jonka etäisyys on 20 km.

#### Kirjoittaja:

Dosentti, TkT Ari Poikonen toimii Merisotakoulun tutkimuskeskuksen johtajana.



**Maanpuolustuskorkeakoulu**



# Maanpuolustuskorkeakoulun tutkimus laajentaa käsitystä maanpuolustustahdosta



Maanpuolustuskorkeakoulun TAHTO-tutkimusprojektissa tarkasteltiin maanpuolustustahtoa ja kansalaisten suhdetta maanpuolustukseen. Tutkimuksen tavoitteena oli tehdä uusia avauksia suomalaiseen maanpuolustustutkimukseen tarkastelemalla kansalaisten maanpuolustussuhdetta vastavuoroisuuden, oikeuksien ja velvollisuuksien kautta. Projektin ensimmäinen vaihe päättyi vuoden 2018 helmikuussa, ja sen tulokset julkaistaan useammassa tieteellisessä artikkelissa.

TAHTO-tutkimusprojektissa olemme olleet kiinnostuneita kansalaisen ja valtion sekä erityisesti kansalaisen ja maanpuolustuksen välisistä suhteista. Keskeisiä kysymyksiämme ovat olleet seuraavat: Miten kansalaiset suhtautuvat hyvinvointivaltioon? Millainen on kansalaisten suhde maanpuolustukseen? Millaiseksi he kokevat oman roolinsa Suomen puolustamisessa?

## Haastatteluilla uusia näkökulmia maanpuolustustahtoon

Koska tutkimuksen tavoitteena oli laajentaa perinteistä maanpuolustustahdon mittaamiseen keskittyntä tutkimusperinnettä, tutkimuksessa kerättiin laadullista haastatteluaineistoa. Haastateltaviksi valittiin sellaisia väestöryhmiä, jotka olivat aktiivisesti pohtineet suhdettaan ja rooliaan maanpuolustuksessa ja osallisuuttaan aseelliseen puolustukseen.

Tutkimusta varten haastateltiin yksilö- ja ryhmähaastatteluisia reservistä eronneita asepalveluksen suorittaneita henkilöitä (n=33) sekä siviilipalvelusta parhaillaan suorittavia miehiä (n=38). Kokeiluluontoisesti haastateltiin myös naisia, joilla ei ollut omakohtaista kokemusta Puolustusvoimien toiminnasta. Haastateltavat olivat kotoisin eri puolilta Suomea.

## Maanpuolustustahdosta maanpuolustussuhteeseen

Haastatteluaineiston analyysi osoittaa, että maanpuolustustahdon ohella on syytä puhua monisyisemmästä maanpuolustussuhteesta, jonka yksi ulottuvuus maanpuolustustahto on. Muita ulottuvuuksia ovat maanpuolustusasenne, maanpuolustusosallisuus, maanpuolustusluottamus sekä tiedoista ja taidoista koostuva maanpuolustusosaaminen.

Maanpuolustusasenne tarkoittaa henkilön suhtautumista Puolustusvoimiin sekä maanpuolustukseen yleisesti. Pääsääntöisesti kaikki haastateltavamme suhtautuvat itse maanpuolustukseen myönteisesti. He kokivat Suomen puolustamisen arvoisena sekä ulkoisten että sisäisten uhkien suhteen. Suomessa puolustamisen arvoista on muiden muassa itsenäinen päätöksentekojärjestelmä (demokratia), hyvinvointivaltio ja yhteiskuntajärjestys, tasa-arvo, suomalainen kulttuuri ja arvot sekä puhdas luonto. Suhtautumisessa ja omassa suhteessa Puolustusvoimiin esiintyi enemmän variaatioita.

Maanpuolustusosallisuus puolestaan kuvaa henkilön sekä oma-kohtaisesti koettua että virallisesti määritettyä roolia yhteiskunnallisessa turvallisuustyönjaossa. Asepalvelusta suorittavat tai sen suorittaneet hahmottavat oman roolinsa maanpuolustuksessa selkeämmin kuin naiset tai siviilipalvelusta suorittavat. Osallistumisen määrästä tai aktiivisuudesta riippumatta lähes kaikki haastateltavat kertoivat olevansa halukkaita osallistumaan maanpuolustukseen omien kykyjensä ja taitojensa mukaan. He eivät kuitenkaan osaa selkeästi kuvata, millainen rooli heillä itsellään kriisitilanteessa tai poikkeusoloissa voisi olla.

Maanpuolustusosaaminen koostuu kansalaisen maanpuolustukseen liittyvästä tietämyksestä (tieto) ja taidoista (kyvyt). Maanpuolustusosaamista kuvaa konkreettisesti se, kuinka paljon henkilöllä on tietämystä maanpuolustukseen liittyvistä teemoista tai kuinka paljon he ovat saaneet koulutusta ja harjoitelleet taitoja käytännössä. Maanpuolustukseen liittyvä osaaminen näyttää olevan kiinteässä yhteydessä maanpuolustusluottamukseen.

Kansalaisen maanpuolustustahto ei aineiston perusteella ole sidoksissa aseelliseen maanpuolustukseen, asepalveluksen suorittamiseen tai asevelvollisuuteen. Melkein kaikki haastatellut kuvasivat itseään maanpuolustustahtoisiksi. Useat reservistä eronneet kertoivat, että heidän maanpuolustustahtonsa on kasvanut, koska nyt he kokevat pystyvänsä osallistumaan maanpuolustukseen itselleen luontevalla ja omiin arvoihin sopivalla tavalla.

## Tuloksista hyötyä Puolustusvoimille

Maanpuolustustahto käsitteenä on politisoitunut vuosikymmenten varrella. Se saa eri tahoilla hyvinkin erilaisia merkityksiä, ja sen mittaamisella kerättävä tieto antaa kapean näkemyksen kansalaisten suhteesta ja suhtautumisesta oman maansa puolustamiseen. Syventämällä tutkimusta maanpuolustussuhteen kautta voidaan selvittää entistä tarkemmin kansalaisten mielipiteitä maanpuolustuksen eri tehtävistä sekä niiden käytännön osaamista.

Maanpuolustus aseellisenä puolustuksena nähdään tärkeänä mutta vain kapeana osana oman maan puolustamista. Maanpuolustussuhteen tarkastelu yleistä tai henkilökohtaista maanpuolustustahtoa laaja-alaisemmin useiden ulottuvuuksien kautta rakentaa kansalaisten maanpuolustussuhteesta kokonaisturvallisuusmallia mukailevan kuvan. Yhteiskunnalliset uhkakuvat tulee nähdä kokonaisvaltaisempina, ja niitä vastaan varautumisessa tai puolustautumisessa voisi hyödyntää kansalaisten kykyjä ja tahtoa nykyistä laajemmin. Nyt osa kansalaisista sitoutetaan maan aseelliseen puolustukseen asevelvollisuuden kautta, mutta muilta uhkilta puolustautuminen on rajattu lähes kokonaan viranomaisten tehtäväksi.



Kokonaisturvallisuus-messut Tampereella 4.9.2015. (Kuva: Jarno Kovamäki / Puolustusvoimat)

Suomen aseellisella puolustuksella ja yleisellä asevelvollisuudella on kansan vahva tuki. Tuon tehtävän hoitamisessa Puolustusvoimien rooli on selkeä, ja sodanajan joukkoihin koulutetaan taistelijoita asevelvollisuuden kautta. Maanpuolustus on koko kansan asia, ja kansalaiset osoittavat halua osallistua turvallisuuden tuottamiseen eri tehtäviin.

Maanpuolustustahdon ylläpitämisessä ja kehittämisessä Puolustusvoimat on kunnostautunut jo vuosikymmeniä. Maanpuolustussuhteen tarkastelun kautta on mahdollista pohtia, millä uusilla tavoilla Puolustusvoimat voi olla mukana kehittämässä esimerkiksi kansalaisten maanpuolustusosallisuutta ja maanpuolustusluottamusta.

### Kirjoittajat:

FT Teemu Tallberg toimii sotilassosiologian professorina Maanpuolustuskorkeakoulun johtamisen ja sotilaspedagogiikan laitoksella. Tutkijat YTT Alisa Puustinen ja KM Jarkko Kosonen ovat työskennelleet Maanpuolustuskorkeakoulun TAHTO-tutkimusprojektissa vuosina 2016-2018.

# Sotilasjohtajien kokemuksia heidän saamastaan kriisinhallintakoulutuksesta

**Artikkeli perustuu kansainväliseen tutkimukseen, jossa on tarkasteltu sotilasjohtajien kokemuksia heidän saamastaan kriisinhallintakoulutuksesta. Artikkelit käsittelee erityisesti sitä, kuinka saatu koulutus kykenee vastaamaan siihen todellisuuteen, jonka sotilasjohtajat kohtaavat eri operaatioissa.**

Tutkimuksen kohdejoukon muodostavat upseerit, joilla oli käytännön johtajakokemusta joukkueen johtajina, kompanian päälliköinä tai pataljoonan komentajina epäsymmetrisissä toimintaympäristöissä. Operaatioiden epäsymmetrisyydellä tarkoitetaan uusimuotoisia kriisejä, joissa toimintaan osallistujat ovat säännöttömässä asemassa toisiinsa nähden. Kun aiemmin konfliktit olivat lokaaleja ja perustuivat etnisten, uskonnollisten tai samantyyppisten tekijöiden vuoksi tietylle alueelle, ovat ne nykyisin yhä enemmän yleisiä, pitkäkestoisia ja globaaleja. Niiden tyypillisenä piirteenä ovat valtiollisten ja ei-valtiollisten toimijoiden verkostot, joihin kuuluu kiihkomielisiä vapaaehtoisia yksilöitä, terroristiryhmiä, organisoituja rikollisryhmiä, puolimilitaarisia ryhmiä, yksityisiä militaariyhtiöitä sekä erilaisia turvallisuusyksiköitä.

Tutkimus perustuu 247 haastatteluun. Haastattelut toteutettiin kahdeksassa eri maassa: Bulgaria (N=60), Espanja (N=27), Filippiinit (N=29), Italia (N=43), Kamerun (N=33), Liettua (N=4), Suomi (N=25) ja Tanska (N=26). Kaikissa maissa käytettiin samaa haastattelulomaketta, ja haastattelut toteutti kunkin maan natiivi henkilö. Haastatelussa henkilöt itse arvioivat, miten hyvin heidän saamansa koulutus soveltui niihin operatiivisiin toimintaympäristöihin, joissa he olivat toimineet.

Tutkimuksessa ensinnäkin vertailtiin, kuinka eri maiden sotilasjohtajat olivat kokeneet saamansa perus- ja erityiskoulutuksen. Peruskoulutuksella tarkoitetaan tietoa ja taitoja, jotka on opittu virallisen sotilaskoulutuksen aikana ja joita on harjoitettu ja täydennetty ennen operaatioon lähtöä. Sisällöllisesti ne viittaavat perustaitoihin, jotka kuuluvat sotilaiden perusammattiin ja joita he osaavat käyttää paikasta riippumatta. Yleisesti sotilasjohtajat olivat tyytyväisiä saamaansa koulutukseen, mutta joitakin maakohtaisia eroavuuksia kuitenkin esiintyi. Italialaisista haastatelluista 58 % toivoi lisää opetusta epäsymmetrisyydestä, ja 27 % bulgarialaisista toivoi kohdennettua koulutusta henkilökohtaisiin operaatiotehtäviinsä.

Eriyiskoulutuksella tarkoitetaan peruskoulutusta täydentävää opetusta, joka suunnitellaan operaatiokohtaisesti. Vaikka haastateltavat olivat suhteellisen tyytyväisiä myös täydentävään koulutukseen, tyytyväisyysluvuissa oli enemmän vaihtelua. Koetut haasteet liittyivät muun muassa espanjalaisten vastaajien (30 %) mukaan siihen, ettei koulutuksen koettu aina vastaavan riittävällä tavalla operaation vaatimuksiin. Tanskalaisten vastaajien mukaan (38 %) koulutus koettiin paikoin liian teoreettiseksi ja sen ei koettu tarjoavan sellaista käytännöllistä tietoa, jota olisi tarvittu missiossa ja sen tehtävissä.

Maakohtaisten erojen lisäksi tutkimuksessa analysoitiin myös sotilasjohtajien yksilöllisiä kokemuksia kriisinhallintakontekstissa tarvittavista perus- ja erityistaidoista. Kriisinhallintaoperaatioissa sotilasjohtajien mukaan korostuvat perinteiset taistelu- ja johtamistaidot sekä erityistaidot, kuten tienvarshipommien raivaustaidot. Näiden taitojen koettiin olevan hyvällä mallilla. Jossain määrin johtajat olisivat toivoneet, että koulutuksessa olisi ollut enemmän aikaa harjoitella oman joukkueen kanssa. Oman joukkueen osaamisen tiedostaminen ja sen käytön harjoittaminen ennen kriisialueelle menoa auttavat joukkuetta olemaan mahdollisimman yhteistoimintakykyinen.

Haastatelussa nousi esille myös epäsymmetristen olosuhteiden kompleksisuus, mikä edellyttää etukäteiskoulutukselta sellaisia järjestelyitä, jotka mahdollistavat joustavan ja joskus jopa innovatiivisten ratkaisujen kehittämistä paikallisiin haasteellisiin tilanteisiin. Toinen merkittävä esille tullut seikka oli kriisin ja sen toimintaympäristön kokonaisvaltainen ymmärtäminen, mikä edistää sotilaiden toiminnan ja päätösten kontekstuaalisointia ja tulkintaa.

Operaatiokohtaisesta koulutuksesta sotilasjohtajat korostivat erityisesti kommunikaatio-, yhteistyö- ja verkostoitumistaitoja sekä kulttuurisen tietoisuuden merkitystä. Sotilasjohtajat tekevät paljon yhteistyötä paikallisten toimijoiden, kuten paikallisen väestön, mutta erityisesti paikallisjohtajien ja paikallisten turvallisuusviranomaisten kanssa. Siten kielet ja kommunikaatio mutta myös verkostoitumistaidot ovat keskiössä. Kulttuurinen tietoisuus eli kulttuurisen, kontekstuaalisen ja tilannekohtaisen tiedon korostuminen merkitsee sitä, että sotilasjohtajat kykenevät paremmin tulkitsemaan toimintaympäristön tilanteita mutta myös välttämään kulttuurisesti sensitiivisiä tilanteita ja keskusteluaiheita, jotta he



(Kuva: FINCENT kuvapankki)

eivät omalla toiminnallaan heikennä operaation edistymistä. Laajemmassa perspektiivissä kulttuurinen tietoisuus auttaa kriisin ja sen kehittymisen ymmärtämistä sekä oman työn suhteuttamista osaksi tätä kokonaisuutta.

Erityinen operaatiokohtainen koulutus näiden haastateltavien mukaan näyttäisi olevan järjestettävän koulutuksen näkökulmasta haasteellisin, sillä koulutuksen ei koettu aina vastaavan mission tehtäviä ja vaatimuksia. Ensinnäkin koulutus saatiin kokea joko liian yleiseksi tai siten teoreettiseksi, ettei se mahdollistanut tiedon käytäntöön soveltamista. Koulutus saattoi perustua myös edellisen operaation viitekehykseen eikä siten välttämättä hyödyttänyt parhaalla mahdollisella tavalla tulevaa, tehtäväksi annoltaan erilaista missiota.

Edelleen, mikäli operaatio oli uusi, siitä ei ollut välttämättä saatavilla sellaista tietoa, joka olisi auttanut koulutuksen suunnittelua ja toteutusta juuri kyseiseen operaatioon soveltuvaksi. Tällöin koulutus perustui aiempien missioiden koulutukseen. Lisäksi henkilöt olisivat tarvinneet koulutusta erityisesti omiin, henkilökohtaisiin tehtäviinsä. Jossain mutta vähäisemmässä määrin henkilöt kaipasivat alue- ja materiaali-kohtaista koulutusta. Operaatioalueen erityisolosuhteet edellyttävät siellä toimivia ajoneuvoja, joiden käyttöä ennen alueelle menoa olisi hyvä harjoitella. Myös operaatioalueella käytettävien materiaalien käyttöä tulisi harjoitella, sillä se on edellytys hyvälle yhteistoiminnalle muiden maiden joukkojen kanssa.

Tutkimustulokset antavat viitteitä sekä kriisinhallintakoulutuksen kehittämiseen että myös johtajuuden ymmärtämiseen. Toimiminen kulttuurisesti haasteellisissa ja kompleksisissa ympäristöissä edellyttää ennakoimista ja sopeutumista. Tällöin myös koulutuksen tulisi sisältää monialaisia, kulttuurisesti ja ammatillisesti todellisia ongelmatilanteita, joita koulutuksessa ratkottaisiin asiantuntija-avun tukemana. Myös kulttuurisen tietotaidon sekä kommunikaatio-, yhteistoiminta- ja verkostoitumistaitojen merkittävä korostuminen heijastaa johtajuuden ymmärtämistä ei ainoastaan psykologisina ja kognitiivisina kyvykkyyksinä vaan myös vuorovaikutuksen keinoin ja mikrotasolla tapahtuvien toimintojen kautta vaikuttamisena.

## Kirjoittaja:

Kasvatustieteiden tohtori Soili Paananen toimii erikoistutkijana Maanpuolustuskorkeakoulun johtamisen ja sotilaspedagogiikan laitoksella erityisalueenaan kriisinhallintaa.

# IECEU-tutkimushanke ja EUFOR RCA – EU:n kriisinhallintakyvykkyyden tarkastelua Keski-Afrikan tasavallassa

## Mikä IECEU?

Improving the Effectiveness of Capabilities in EU Conflict Prevention (IECEU) hanke käynnistyi vuonna 2015. Hanke tarkastelee EU:n kriisinhallintakyvykkyyttä sekä EU:n kykyä ehkäistä konflikteja. Hankkeen tavoitteena on kehittää uusia lähestymistapoja ja ratkaisuja, jotta EU kykenee vastaamaan tulevaisuudessa yhä paremmin kriiseihin ja konflikteihin. Kolmivuotinen hanke tarkastelee yhteensä kahdeksaa mennyttä tai käynnissä olevaa EU:n kriisinhallintaoperaatiota ja siviilikriisinhallintamissiota muun muassa Bosnia-Hertsegovinassa, Keski-Afrikan tasavallassa, Libyassa ja Afganistanissa.

Tässä artikkelissa keskitytään Euroopan unionin EUFOR RCA:n operaatioon Keski-Afrikan tasavallassa ja tarkastellaan EU:n keskeisiä onnistumisia ja haasteita operaatioissa.

## Konfliktin osapuolet

Nykyinen Keski-Afrikan tasavallan sisällissota puhkesi vuonna 2012 Séléka-nimisen kapinallisliittouman aloitettua taistelun Keski-Afrikan hallitusta vastaan. Perusteena kapinalle oli näkemys hallinnon epäonnistumisesta vuoden 2007 konfliktin rauhansopimuksen toimeenpanossa.

Liittoutuman suurimmat ryhmät olivat 'Union des Forces Démocratiques pour le Rassemblement' (UFDR) Michel Djotodian johtamana, 'Convention Patriotique du Salut du Kodro' (CPSK) sekä 'Convention des Patriotes pour la Justice et la Paix Fondamentale'. Liittouma tulee maan koillisosasta, joka on muslimienemmistöinen alue. Vuonna 2013 Séléka-liittouma Michel Djotodian johtamana valtasi pääkaupunki Banguin ja syrjäytti presidentti Francois Bozizén. Saman vuoden huhtikuussa Djotodia julisti itsensä maan presidentiksi.

Sélékaa vastaan muodostui pääasiallisesti kristityistä koostunut puolisotilaallinen Anti-Balaka-ryhmä, joka pyrki vastaamaan Sélékojen muodostamaan uhkaan.

Konfliktin molemmat osapuolet syyllistyivät ihmisoikeusrikkomuksiin. Séléka-liittouma lakkasi virallisesti olemasta vuonna 2013, mutta liittouman osapuolet ovat jatkaneet sotaa Anti-Balakoja ja toisiaan vastaan tämän jälkeenkin.

## Konfliktin taustaa

Keski-Afrikan tasavallan konfliktin taustalla vaikuttavat muun muassa pitkään jatkunut heikkojen hallintojen sarja, korruptio, maan taloudellinen alikehittyneisyys sekä heikko turvallisuusinfrastruktuuri, jonka vuoksi väestö liittyy puolisotilaallisiin ryhmiin elantonsa turvaamiseksi. Poliittinen epävakaus on seurausta myös jälkikolonialistisen aikakauden, etnisen polarisaation ja köyhyyden historiallisesta painolastista.

Myös maan etnisten ja heimojen väliset erot sekä kapinallisten väkivaltaisuuudet ovat vahva osa konfliktin taustaa. Etenkin kapinallisryhmät ovat maan itsenäistyttyä kilpailleet valtaanpääsystä. Jatkuvat vallankaappaukset ja väärinkäytökset osoittavat kaikkien osapuolten kiinnostuksen puutetta demokratiaan. Lisäksi naapurimaiden poliittinen epävakaus on vaikuttanut laajalti maan tasapainottomuuteen. Muun

muassa nämä kaikki tekijät nähtiin Keski-Afrikan tasavallasta koskevassa tutkimuksessa keskeisenä haasteena konfliktin pysyvän ratkaisun löytymiselle.

## EUFOR RCA

Euroopan unioni on aktiivisesti osallistunut Keski-Afrikan tasavallan turvallisuustilanteen vakauttamiseen. EU on sitoutunut tukemaan maan kehitystä pitkällä aikavälillä ottamalla käyttöön lukuisia konfliktinestovälineitä aina humanitaarisista avustushankkeista sotilaalliseen väliintuloon.

YK:n turvallisuusneuvosto hyväksyi tammikuussa 2014 päätöslauselman, jonka perusteella Euroopan unioni käynnisti EUFOR RCA -operaation Keski-Afrikan tasavallassa. Alueella toimi jo Afrikan unionin (AU) MISCA sekä Ranskan Sangaris-sotilasoperaatiot. AU:n ja Ranskan operaatioiden tuki ei kuitenkaan ollut riittänyt maan poliittisen tilanteen vakauttamiseen. Tilanteesta kertonee paljon se, että samaan aikaan YK varoitti suuresta kansanmurhan vaarasta maassa.

EUFOR RCA käynnistettiin vuonna 2014 ja sen toiminta-alueeksi määrättiin ainoastaan maan pääkaupunki Banguin lentokenntä ja sen välittömässä läheisyydessä olevat alueet. Operaation mandaatti oli vuoden mittainen, ja EUFOR RCA:n keskeisenä tehtävänä oli suojella siviilejä ja luoda samalla edellytykset humanitaariselle avulle. Tähän liittyen EU:n jäsenmaat hyväksyivät yksimielisesti YK:n turvallisuusneuvoston peruskirjan VII luvun nojalla voimankäytön siviiliväestön suojelemiseksi. Toisin sanoen, EUFOR RCA:n mandaatti valtuutti toteuttamaan ”kaikki tarvittavat toimenpiteet”, jotka edistävät sekä maan vakautta ja turvallisuutta. Operaation vahvuus oli reilu 900 sotilasta, joista 750 oli taitelutehtäviin tarkoitettu.

**”EUFOR RCA toimi kentällä tehokkaasti ilman ylimitoitettua voimankäyttöä.”**

Operaation käynnistäminen tapahtui vaikeissa olosuhteissa. Poliittisesti epävakaa ympäristön vuoksi se oli mahdollisesti yksi haasteellisimmista operaatioista, jonka EU on koskaan joutunut käynnistämään. Operaatio toimi siltana tulevalle YK:n operaatio MINUSCA:lle, tavoitteenaan luoda sellaiset olosuhteet, jotta YK:n oma operaatio voisi sujuvasti jatkaa alueen vakauttamista EUFOR RCA:n jälkeen.

## Operaation onnistumisia ja haasteita

Tutkimuksessa todettiin, että EUFOR RCA -operaation onnistumiset ja haasteet jakautuvat pitkälti sekä poliittiselle että operatiiviselle tasolle. Poliittisella tasolla EUFOR RCA osoitti EU:n nopeutetun päätöksentekomenettelyn toimivuuden kriisinhallinnan viitekehityksessä. Operaatio pohjusti myös poliittisella tasolla EU:n jatkuvaa kokonaisvaltaista kriisinhallintaa Keski-Afrikan tasavallassa.

## Suunnitellut tavoitteet saavutettiin

Huolimatta joukkojen suhteellisesti pienestä määrästä, EUFOR RCA:n resurssit olivat riittävät suhteessa mandaattiin ja maantieteelliseen toiminta-alueeseen. Vaikka operaation laajuus oli maantieteellisesti rajallisempi kuin esimerkiksi Afrikan unionin ja Ranskan operaatioilla, keskittyminen vain pääkaupunki Banguihin mahdollisti kaupungin olosuhteiden vakauttamisen sekä estämään väkivallan voimakkaamman leviämisen muualle maahan. Haastavista olosuhteista huolimatta joukko pystyi toimimaan tehokkaasti ja välttämään tappioita. Lisäksi operaation rakenne oli toimintaympäristöön sopiva.

Operatiivisella tasolla joukkojen tiivis yhteydenpito paikallisväestöön, säännölliset tapaamiset paikallisten viranomaisien, kuten pormestarin, uskonnollisten johtajien, miliisien ja paikallisten nuorisjärjestöjen, kanssa loivat myönteiset olosuhteet turvallisuustilanteen ylläpidolle. Lisäksi EUFOR RCA tuki vahvasti jo operaation aikana maan paikallisia asevoimia (Forces Armées Centrafricaines, FACA) kouluttamalla joukkoja.

## Keskeiset haasteet

Vaikka EU:n jäsenmaat sopivat yhteistuumin operaation välttämättömyydestä, kiinnostus varsinaisiin toimiin oli vähäinen, sillä Keski-Afrikan tasavalta ei kuulunut EU:n ulkopoliittisiin painopistealueisiin. Tämä ilmeni lopulta operaation viivästymisenä. Esimerkkinä viivästymisestä kertoo se, että EU:n jäsenmaat tarvitsivat yhteensä kuusi kuukautta, ennen kuin EUFOR RCA saavutti täydellisen operatiivisen valmiutensa. Tämä vaikutti ennen kaikkea operaation uskottavuuteen.

Toiseksi, vaikka EUFOR RCA oli hyvin suunniteltu operaatio, EU:ta kritisoitiin myös siitä, että se ei käyttänyt olemassa olevaa EU:n valmiusvuorossa ollutta taisteluosastoa vaihtoehtona, jotta se olisi voinut vastata tehokkaasti konfliktiin. Kolmanneksi EU:ta on myös arvosteltu laajasti siitä, että operaatio ei edistänyt alueen pitkän aikavälin vakautta.

EU:n sisäisten ja EU:n ulkopuolisten toimijoiden välinen yhteistyö oli suhteellisen koordinoitua, ja muut kansainväliset toimijat oli otettu huomioon jo suunnitteluvaiheessa. Tästä huolimatta kansainvälisten toimijoiden yhteistoiminnassa oli haasteita, jotka vaikuttivat merkittävästi operaation yleiseen tehokkuuteen.

Esimerkiksi yhtenä keskeisenä esteenä koettiin lisäksi tietojen riittämätön jakaminen. EU:n ja YK:n operaatioiden välillä ei ollut tietojen jakamista koskevaa sopimusta, ja tästä syystä tiedonjako ei ollut riittävän koordinoitua. Lisäksi maan lähes olematon tie- ja tietoliikenneverkostojen infrastruktuuri haittasi tiedonjakoa. Tämä johti viivästyneeseen oikea-aikaisen tilannekuvan muodostumiseen ja sitä kautta operatiiviseen suunnitteluun.

(Kuva: Konsta Purola)



Koordinoitua helpotti jonkin verran se, että EU oli aikaisemmin työskennellyt AU:n, YK:n ja Ranskan kanssa. Toisin sanoen kansainväliset toimijat tunsivat toistensa vahvuudet ja heikkoudet. Lisäksi operaatioilla oli samankaltaiset tavoitteet.

Voisikin todeta, että EUFOR RCA -operaatio saavutti sille asetetut poliittiset ja strategiset tavoitteet, huolimatta siitä, että se kohtasi haasteita muun muassa yhteistoiminnassa. EUFOR RCA oli monin tavoin joustava, reaktiivinen operaatio, joka toimi läpinäkyvästi.

### Tarve pitkän aikavälin vakauttamisstrategialle

Huolimatta pitkään kestäneistä väkivaltaisuuksista, Keski-Afrikan tasavalta ei ole herättänyt kansainvälisen yhteisön sympatiaa, jolloin pitkäaikainen sitoutuminen konfliktinratkaisuun on jäänyt puuttumaan.

Tämä on jättänyt maan riippuvaiseksi lyhytaikaisista vakauttamis- ja kehityshankkeista, joilla on pyritty ainoastaan purkamaan nopeasti eskaloituneita kriisejä. Keski-Afrikan tasavallan konfliktin juuret ulottuvat niin syväälle, että se edellyttää joka tapauksessa pitkän aikavälin vakauttamisstrategian. Kun otetaan huomioon maan laaja-alaiset ongelmat ja käytettävissä olevat rajoitetut keinot, EU:n operaatio keskittyi lähinnä ensisijaisiin toimenpiteisiin alueella. Tämä herättää kysymyksen siitä, missä määrin EU pystyy toteuttamaan pitkän aikavälin kokonaisvaltaista kriisinhallintaa Keski-Afrikan tasavallassa.

Edelleen Keski-Afrikan tasavalta on konfliktialtis maa, joka tarvitsee kaiken mahdollisen ulkopuolisen avun taloudellisen tilanteen, sosiaalisen koheesion ja hyvän hallinnon edesauttamiseksi. Koko itsenäisyyden ajan maa on taistellut vallankaappauksia ja kapinallisuuksia vastaan, joiden tausta on pääasiassa johtunut kapinaryhmien maantieteellisestä sijainnista sekä etnisestä taustasta.

**”Keski-Afrikan tasavallan asevoimien kouluttaminen nähdään kriittisenä toimenpiteenä maan vakauttamiselle.”**

Pyrkimykset hallinnon vakauttamiseksi ovat toistaiseksi valuneet hiekkaan, ja etenkin uusien kriisien puhjetessa armeijan heikko kyky turvata sekä alueet että väestön turvallisuus on helpottanut kapinallisten valtaanpääsyä. Täten yksi keskeisimmistä tehtävistä onkin kouluttaa maan paikallinen armeija siten, että se kykenee tulevaisuudessa vastaamaan osaltaan maan turvallisuustilanteen edistämisestä ja ylläpidosta.

Tähän liittyen Euroopan unioni käynnisti heinäkuussa 2016 sotilasoperaatiokoulutuksen (EUTM RCA), jonka tarkoitus on edistää maan turvallisuusalan uudistamista maassa EU:n kokonaisvaltaisen kriisinhallinnan kontekstissa. EUTM RCA on jatkoa EU:n sotilaalliselle neuvonanto-operaatiolle (EU-MAM).



Lisätietoa IECEU-hankkeesta on saatavissa osoitteessa:  
<http://www.ieceu-project.com/>

#### Kirjoittajat:

VTM Hanne Dumur-Laanila toimii tutkijana Puolustusvoimien kansainvälisessä keskuksessa.  
SM Mikko Keltanen toimii tutkimusassistenttina Puolustusvoimien kansainvälisessä keskuksessa.

# Hattu – päähän!

## Minustako sotatieteiden tohtori?

Upseerikoulutuksella on Suomessa liki 250-vuotiset perinteet. Maanpuolustuskorkeakoulu on sen sijaan varsin nuori toimija yliopistokentässä, sillä se viettää tänä vuonna vasta 25-vuotisjuhliiaan. Kehityskaari on kuitenkin ollut nopea, ja kansainvälisessä vertailussa Maanpuolustuskorkeakoulu on ainutlaatuinen: se on ainoa eurooppalainen sotilasyliopisto, jonka päätehtävänä on kouluttaa upseereita ja jolla on oikeus myöntää sotatieteiden alalla kaikki Bolognan prosessin mukaiset akateemiset tutkinnot kandidaatista tohtoriin. Tohtorin tutkinnon anto-oikeuden Maanpuolustuskorkeakoulu sai vuonna 1997, ja ensimmäinen sotatieteiden tohtorin väitöstilaisuus järjestettiin vuonna 2003.

Vuoden 2017 loppuun mennessä 37 henkilöä on saanut oikeuden painaa tohtorinhatun päähänsä suoritetun tutkinnon merkiksi. Näistä karkeasti kaksi kolmasosaa on ollut aktiiviset evp-upseereita. Sotatieteiden tohtorinkoulutusohjelmasta on lisäksi valmistunut seitsemän siviilitaustaista ja viisi ulkomaalaistaustaista opiskelijaa. Tutkimusaiheiden kirjo on laaja: sotatieteellisiä väitöskirjoja on laadittu sotahistorian, operaatiotaidon ja taktiikan, johtamisen ja sotatekniikan lisäksi muun muassa viranomaisyhteistyöstä, kansallisesta uhkakuvapolitiikasta ja sotilasetiikasta.

Sadan tohtoriopiskelijan raja meni rikki kesällä 2017, ja uusia hakemuksia vastaanotetaan kiihtyvällä tahdilla. Tämä osoittaa, että ylin sotatieteellinen koulutus kiinnostaa ja sille on kiistanaton tarve. Tässä kirjoituksessa tarkastellaan suomalaisen sotatieteiden tohtorikoulutuksen kulmakiviä ja tulevaisuudennäkymiä.

### Tee työtä, jolla on tarkoitus

Vuonna 2017 hyväksytyt Maanpuolustuskorkeakoulun tutkimusstrategian mukaisesti sotatieteiden tohtoriopiskelijat ovat virkahenkilöstön ohella yksi Maanpuolustuskorkeakoulun tutkimuksen keskeisistä voimavaroista. Puolustusvoimien tutkimuskokonaisuuksiin liittyy runsaasti teemoja, joista on luontevasti rajattavissa väitöstutkimuksilla katettavia osatutkimuksia. Näitä mahdollisuuksia pyritään tunnistamaan ja esittämään yhä enemmän osana vuosittaisia T&K-suunniteluskiä. Vuonna 2018 niin Maanpuolustuskorkeakoululla kuin muuallakin Puolustusvoimissa käynnistyy useita tutkimushankkeita, joiden toteuttamista tuetaan opinnäytetoilla. Tähän joukkoon kuuluu myös sotatieteiden väitöskirjahankkeita, joita tutkimusten päätoteuttajat ohjaavat. Sen lisäksi,

että menettely palvelee Puolustusvoimia, se sitouttaa erityisesti siviilitaustaisia tutkijoita voimakkaasti sotatieteelliseen yhteisöön.

Sotatieteiden tohtorin tutkinto muodostuu tutkinto-opinnoista sekä väitöskirjasta. Vuosikirjan mennessä painoon valmistaudutaan tutkintouudistukseen, jossa opintojen vähimmäismäärää on tarkoitus laskea valmistuvan uuden tutkintonormin mukaisesti, todennäköisimmin 70 opintopisteestä 50:een. Väitöskirja vastaa kuitenkin valtaosaa tutkinnon sisällöstä, minkä myötä sotatieteiden tohtorin tutkinnon suorittamisen tavoiteaika päätoimisesti opiskellen säilyy Maanpuolustuskorkeakoululla neljässä vuodessa. Enemmistö tohtoriopiskelijoista tekee väitöstutkimustaan muiden töidensä ohella, mikä luonnollisesti heijastuu opintojen kestoon.

Väitöstutkimuksissa kulminoituu usein Maanpuolustuskorkeakoulun tutkimustoiminnan perushaaste: miten yhdistää avoin akateeminen tieteellinen tutkimus Puolustusvoimien kovaan ytimeen menevään, puolustuskyvyn pitkäjänteistä kehittämistä tukevaan tutkimustoimintaan? Taustalla vaikuttaa yleisempi ajan henki, jossa historiallisen pitkä ja verrattain rauhallinen ajanjakso yhdistettynä taloudelliseen taantumaan on ohjannut eurooppalaiset asevoimat tarkastelemaan tehtäviään yhä kriittisemmin. Kansainvälisen toimintaympäristön nopea muutos ja teknologinen kehitys luovat samanaikaisesti yhä moninaisempia turvallisuushaasteita, joihin tutkimus- ja kehittämistoiminnalla pitäisi kyetä tuottamaan vastauksia alati nopeammin. Seurauksena tutkimus- ja kehittämistoimintaan kohdistuu kasvava paine allokoita rajalliset resurssit vastaamaan akuutteja tietotarpeita entistä paremmin.

Myös sotatieteiden tohtoriopintojen toivotaan tuottavan Puolustusvoimille olennaista tietoa, mutta opintojen aikajänteen vuoksi määrättyjä tietotarpeita voi lopulta olla vaikea täyttää väitöskirjalla. Väitöstutkimukseen liittyvä akateeminen vapaus ja maanpuolustuksen aikakriittiset tietotarpeet eivät aina ole sovitettavissa helposti yhteen. Sotatieteiden tohtorikoulutuksen lyhyen aikavälin tärkeimpiä kehitystavoitteita ovatkin tohtorikoulutuksen voimakkaampi koordinaatio Puolustusvoimien tasolla ja tähän liittyvä tutkimusaiheiden kytkeminen aiempaa kiinteämmin puolustusvoimallisiin tutkimuksen painopistealueisiin. Näin vahvistetaan kykyä tuottaa aiempaa selkeämmin sekä oikeanlaista tietoa että oikeanlaisia asiantuntijoita. Tarkoituksena ei kuitenkaan ole rajoittaa tutkijan vapautta vaan löytää lisääntyvän vuoropuhelun avulla synergioita tiedon tuottajan ja sen pääasiallisen hyödyntäjän välillä.



(Kuva: Puolustusvoimat / Jussi Toivonen)

Maanpuolustuskorkeakoulun perustavanlaatuinen haaste on se, että tutkimuksen tulee samanaikaisesti palvella sekä puolustuskyvyn kehittämistarpeita että myötävaikuttaa akateemisen tieteen kehittämiseen yliopistokentässä. Käytännössä nämä tekijät on kuitenkin onnistuttu sovittamaan yhteen hyvin: sotatieteiden tohtorikoulutuksen laadunarvioinneissa on todettu väitöstutkimusten jo nykyisellään tukevan vahvasti puolustusjärjestelmän kehittämistä eli kytkeytyvän suoraan Puolustusvoimien ydintehtävien toteuttamiseen. Sotatieteiden väitöstutkimusten vahvuuksiin kuuluu se, että syntyvä tieto hyödyttää aidosti yhteiskuntaa, ja tätä suuntausta Maanpuolustuskorkeakoulu haluaa vahvistaa entuudestaan.

### Näitä (ura)polkuja talleen kai viimeiseen asti?

Sotatieteiden tohtoriksi valmistuneiden sijoittuminen työelämässä todistaa, että tutkinnon tuottamaa osaamista hyödynnetään ja arvostetaan. Karkeasti puolet valmistuneista työskentelee Puolustusvoimien palveluksessa, ja lukuisia väitelleitä on sijoittunut haastaviin yhteiskunnan asiantun-

tijatehtäviin. Sotatieteiden tohtoreista viisi on tai on ollut professorina tai sotilasprofessorina Maanpuolustuskorkeakoululla tai muissa suomalaisissa yliopistoissa.

Puolustusvoimissa on selkeä käsitys niistä sotilastaustaisen henkilöstön tehtävistä, joissa jatko-opintojen tekeminen voi olla olennainen osa toimenkuvaa, sekä tehtävistä, joissa tohtorin tutkinto on tarpeellinen tai jopa välttämätön. Esimerkiksi Maanpuolustuskorkeakoululla on neljä tutkijajupseerin tehtävää, joissa palvelevat upseerit tekevät väitöstutkimustaan päätyönään. Sotatieteiden tohtorin tutkinnon lähivuosien kehitystavoitteena selvitetään mahdollisuus luoda samankaltaisia päätoimisia väitöskirjatutkijan tehtäviä osaksi myös siviilitaustaisen henkilöstön tutkijan urapolkua. Lyhyellä aikavälillä Maanpuolustuskorkeakoulun monitieteisyyttä vahvistetaan rekrytoimalla ainelaitosten tutkimusryhmiin siviilitaustaisia tohtorikoulutettavia määräraha-kehityksen ulkopuolisella rahoituksella. Jo nyt eräissä Maanpuolustuskorkeakoulun ulkopuolisella rahoituksella toteutettavissa tutkimushankkeissa on työskennellyt sekä siviilitutkijoita että väitöskirjan tekijöitä. Toimintamalli on koettu myön-

teiseksi, sillä se lähentää siviili- ja sotilashenkilöstöä toisiinsa ja tutkimusta toteuttamaan saadaan mahdollisimman laaja osaamispotentiaali.

Sotatieteellisten jatko-opintojen ja tieteellisten uramahdollisuuksien välistä yhteyttä pyritään lähivuosina vahvistamaan vielä olennaisesti kehittämällä suunnitelmallinen tutkijan urapolku. Parhaillaan valmisteilla on tarkennettu malli siitä, miten henkilöstö- ja seuraajasuunnittelu mahdollistaisi tutkimuksellisesta tehtävästä toiseen siirtymisen aiempaa joustavammin sekä puolustushaaran sisällä että koko Puolustusvoimien sisällä. Toistaiseksi Maanpuolustuskorkeakoulun tunnistettuna haasteena on ollut se, ettei alempien tutkijan virkojen ja professorin välillä ole siviiliyliopistoissa käytettyä porrastettua etenemispolkua (tenure track). Maanpuolustuskorkeakoulusta ja Puolustusvoimista annettuihin lakeihin kesällä 2016 hyväksytyt muutokset mahdollistavat apulaisprofessorin ja apulaissotilasprofessorien virkojen perustamisen Maanpuolustuskorkeakouluun. Ensimmäiset apulaisprofessorit ja apulaissotilasprofessorit perustettiin loppusyksyllä 2017 ja niiden täyttäminen on aloitettu. Virat muodostavat uuden portaan tutkimuksellisten tehtävien virkarakenteeseen ja luovat siviiliyliopistojen urapolkurakenteiden kaltaisen pätevytyksen väylän aina täyteen professuuriin asti. Apulaisprofessorin virkojen perustamisella ja tutkijan urapolun luomisella voidaan ennustaa olevan myönteinen vaikutus paitsi Maanpuolustuskorkeakoulun tutkimukseen myös sen asemaan yliopistokentässä ja yhteiskunnassa.

### Vivat academia! Vivant professores!

Ylintä sotatieteellistä tutkimusta ja opetusta toteuttavana, yliopistoihin rinnastettavana korkeakouluna Maanpuolustuskorkeakoulu sovittaa toiminnassaan yhteen niin akateemisia käytänteitä kuin upseerikoulutuksen traditioitakin. Tämä näkyy Maanpuolustuskorkeakoulun vuosittaisissa juhlatilaisuuksissa, joissa nämä paikoin paljonkin toisistaan eriävät taustat ilmenevät rinta rinnan sulassa sovussa. Vuonna 2018 sotatieteiden tohtorikoulutusta juhlistetaan poikkeuksellisen näyttävästi, sillä Maanpuolustuskorkeakoulun historian toinen tohtoripromootio järjestetään 7. syyskuuta 2018.

Syksyn 2018 sotatieteiden tohtoripromootiossa promovoidaan valmistuneita sotatieteiden tohtoreita ensimmäistä kertaa sitten ensimmäisen 5.–7. syyskuuta 2013 järjestetyn promootion. Kyseessä on harvinaislaatuinen tilaisuus niin Suomessa kuin Euroopassakin, sillä vuonna 2013 järjestetty promootio oli ensimmäinen sotatieteellinen tohtoripromootio koko Euroopassa. Samalla seremonia jatkaa ja vahvistaa ensimmäisessä promootiossa luotuja akateemisia perinteitä osana sotilasyhteisöä. Arvokkaimpana akateemisena juhlanähtävänä onkin mitä näyttävintä juhlistaa satavuotiaista Puolustusvoimia ja alkavaa sotatieteiden tohtorikoulutuksen kolmatta vuosikymmentä Maanpuolustuskorkeakoululla.

#### Kirjoittaja:

Yhteiskuntatieteiden maisteri Matti Muhli työskentelee erikoissuunnittelijana Maanpuolustuskorkeakoulun tutkimusalalla.

## Johtamisen, rakenteiden ja teknologian tutkimushanke

**Johtamisen, rakenteiden ja teknologian tutkimushankkeen ensimmäisen vaiheen tavoitteena vuonna 2016 oli selvittää vuoden 2015 lopussa päättyneen puolustusvoimauudistuksen jälkeinen tilanne Puolustusvoimien johtamisrakenteissa ja -prosesseissa.**

Puolustuskonsernin kokonaistilanteen hahmottamiseksi tutkimuksen tarkastelunäkökulmiksi valikoituivat organisaation kokonaisuudelle relevantit kulttuuriset ja teknologiset näkökulmat.

Tutkimuksen ensimmäinen vaihe toteutettiin parinkymmenen informantin puolistrukturoituna, syvällisinä yksilöhaastatteluina sekä kahtena teknologiaan keskittyvänä ja yhtenä organisoitumiseen keskittyvänä työpajana. Näihin työpajoihin osallistui joukko omien alojensa asiantuntijoita. Asiantuntijat olivat henkilöitä, jotka tuntevat paitsi oman erityisalansa myös puolustushallinnon kontekstin omakohtaisten kokemustensa kautta sen eri puolilta.

Vuoden 2017 aikana toteutetussa hankkeen toisessa vaiheessa näkökulmaa laajennettiin tutkimuksen ensimmäisen vaiheen luoman ymmärryksen perusteella. Toisessa vaiheessa tutkittiin Pääesikunnan alaisia laitoksia ja tulosyksiköitä. Tavoitteena oli tarkentaa ensimmäisen vaiheen löydöksiä ja kokonaiskuva Puolustusvoimien keskushallinnon ulkopuolella.

Aineistonkeruu suoritettiin ryhmähaastattelujen, asiakirjatutkimuksen, tapaustutkimusten sekä työpajojen yhdistelmänä. Empiirisiä konteksteja oli kaikkiaan kuusi: kolme puolustushaaraa (Maavoimat, Merivoimat ja Ilmavoimat) sekä Palvelukeskus, Johtamisjärjestelmäkeskus ja Logistiikkalaitos. Tutkimustoiminta rajattiin tarkastelun ulkopuolelle.

Tutkimusta ohjaavana perusajatuksena oli tarkastella, miten alaorganisaatiot jalkauttavat Pääesikunnan omistamat prosessit käytännön tehtäviksi ja toimintoiksi sekä miten konsernissa käytössä olevat eri ohjausmallit näyttäytyvät organisaation ”arjessa”.

Tutkimushankkeen keskeisimmät havainnot liittyvät johtamisrakenteiden, organisaatiokulttuurin sekä teknologisten rajapintojen pullonkauloihin, päällekkäisyyksiin ja katkosiin Puolustusvoimien työprosessien jokapäiväisessä ”virtauksessa”.



(Kuva: Puolustusvoimat / Oscar Kääriäinen)

Puolustusvoimien konsernin näkökulmasta keskeisimmät organisaation jatkokehityksen toimenpiteet keskittyvät siihen, miten nämä työn virtaukseen liittyvät haasteet voidaan ratkaista sekä organisatorisin että teknologisin keinoin.

#### Kirjoittaja:

Dosentti, filosofian tohtori Tuomas Kuronen toimii tutkijana Maanpuolustuskorkeakoulun johtamisen ja sotilaspedagogiikan laitoksella.

Puolustusvoimien vaihde 0299 800

Vuosikirjan jakelun huomautukset: puolustusvoimientutkimuslaitos@mil.fi

**Puolustusvoimien tutkimuslaitos**

Riihimäen toimipiste  
PL 10, 11311 Riihimäki  
Tykkikentäntie 1

Tuusulan toimipiste  
PL 5, 04401 Järvenpää  
Rantatie 66, Tuusula

Ylöjärven toimipiste  
PL 5, 34111 Lakiala  
Paroistentie 20

**Maasotakoulu  
Maavoimien tutkimuskeskus**

Kadettikoulunkatu 7  
PL 54  
49401 Hamina

**Merisotakoulun tutkimuskeskus**

Suomenlinna  
PL 5  
00191 Helsinki

**Satakunnan lennosto  
Ilmataistelukeskus**

PL 1000  
33961 Pirkkala

**Maanpuolustuskorkeakoulu**

Santahamina  
PL 7  
00861 Helsinki

**Sotilaslääketieteen keskus**

Tykkikentäntie 1  
PL 5  
11311 Riihimäki